EIN BEITRAG

ZUR

PHYSIOLOGIE DER GLATTEN MUSKELN.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

IN DER

MEDICIN, CHIRURGIE UND GEBURTSHILFE

UNTER DEM PRÄSIDIUM

VON

DR. P. VON GRÜTZNER,
O. Ö. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE, DIREKTOR DES PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTS
IN TÜBINGEN

DER

MEDICINISCHEN FAKULTÄT IN TÜBINGEN

VORGELEGT VON

JOHANNES WINKLER,
APPROB. ARZT AUS ZEDLITZ (Kr. OHLAU)

ACAD. MED. BAT. KIEL.

1901.

Mit Genehmigung der medizinischen Fakultät
der Universität Tübingen.

Referent: Professor Dr. von GRÜTZNER.

Seinen lieben Eltern

in Dankbarkeit

gewidmet

vom Verfasser.

Ein Beitrag zur Physiologie der glatten Muskeln.

Von

Cand. med. **Hans Winkler** aus Zedlitz (Kr. Ohlau).

(Mit 15 Textfiguren.)

A) Einleitung.

In der langen Reihe verschiedener Bewegungsorgane, an deren einem äussersten Ende die blitzschnell sich zusammenziehenden Flügelmuskeln vieler Insecten, an deren anderem die im Vergleich mit jenen überaus trägen und langsam arbeitenden glatten Muskeln unserer Blutgefässe stehen, gibt es eine Unzahl von Zwischenformen; denn weder alle quergestreiften, noch alle glatten Muskeln ziehen sich in Folge eines einmaligen, ausreichend starken Reizes gleich schnell zusammen. Ja es gibt sicherlich auch Uebergänge derart, dass gewisse glatte Muskeln schneller arbeiten, als selbst manche quergestreifte. Im Allgemeinen aber sind doch die glatten diejenigen, die ausserordentlich langsam sich verkürzen und dehnen. Von einer „Zuckung" in Folge eines einzelnen Reizes kann man kaum sprechen; denn gewöhnlich nur mit zweckmässigen Hülfsmitteln, gar nicht unmittelbar, kann man wahrnehmen, dass in dem Zeitraume von Secunden bis Minuten die Gestalt der glatten Muskeln, beziehungsweise der aus ihnen aufgebauten Organe sich, oft nur ein wenig, verändert hat.

Diese Unscheinbarkeit ihres Erfolges ist wohl hauptsächlich einer der Gründe, wesshalb ihnen — obwohl sie doch so ausserordentlich verbreitet sind und in kaum einem Organe unseres Körpers vermisst werden — doch eine im Ganzen nicht so eingehende Aufmerksamkeit zugewendet wurde, als ihren Brüdern, den quergestreiften Muskeln, die durch ihre Massenhaftigkeit sowie durch die Art ihrer Arbeit und ihrer Leistungen den Forscher geradezu zu ihrer Untersuchung herausfordern.

Und doch ist gerade die Kenntniss gewisser Vorgänge an den glatten Muskeln von grossem, ja von grundsätzlichem Werth für die

Kenntniss von Muskelbewegungen überhaupt und den Ursachen, welche zu jenen Bewegungen geführt haben. So sind, um bloss eines zu nennen, die Gesetzlichkeiten, welche bei der Erregung von allen Muskeln durch den elektrischen Strom bestehen, wesentlich durch die hierbei an glatten Muskeln sich abspielenden Vorgänge erkannt und verständlich gemacht worden.

In erster Linie war es die wichtige Arbeit von Fick[1]), in welcher, so viel ich weiss, zum ersten Mal ein glatter Muskel als Versuchsobject in die Technik eingeführt wurde, der sich auch späterhin vielen andern Forschern als ganz vortrefflich bewährt hat, nämlich der Schliessmuskel von Muscheln (Anodontaarten).

Als besonders beachtenswerthes Ergebniss dieser Arbeit dürfte hier hervorzuheben sein, dass für die elektrische Reizung eines Muskels, und zwar nicht bloss eines glatten, trägen, sondern auch eines flinken, quergestreiften, der betreffende Reizstrom ihn eine bestimmte Zeit durchströmen muss. Diese Zeit kann um so kürzer sein, je stärker der Strom ist, und ist im Allgemeinen viel kürzer bei schnellen, länger bei trägen Muskeln. So konnte Fick die höchst interessante Thatsache beobachten, „dass in demselben Stromkreis, der die zweite Spirale eines gewöhnlichen Schlittenapparates schliesst, ein Froschmuskel in heftigstem Tetanus begriffen sein kann, während der Muschelmuskel keine Spur von Erregung zeigt", und umgekehrt blieb der Froschmuskel in Ruhe und der Muschelmuskel zog sich zusammen, wenn man den Strom in beiden Präparaten sehr allmälig ansteigen liess.

Ganz ähnliche Thatsachen konnte später Engelmann[2]) in seinen wichtigen Untersuchungen an dem Ureter von Säugethieren feststellen, der bekanntlich ein aus zwei oder mehr Lagen von glatten Muskeln zusammengesetztes, dünnes Rohr darstellt. Je stärker der verwendete Reizstrom war, um so kürzere Zeit (etwa $^1/_8$ Secunde), je schwächer er war, um so länger (bis zu 6 Secunden) musste er den Ureter durchsetzen, damit eine eben merkbare Schliessungscontraction ausgelöst wurde. Einzelne Inductionsströme, die ja einen sehr jähen Verlauf und eine äusserst kurze Zeitdauer haben, wirkten ausserordentlich schwach reizend. Man bedurfte „gewaltiger Stromstärken", um irgend eine Wirkung zu sehen.

---

1) Beiträge zur vergleichenden Physiologie der irritablen Substanzen. Braunschweig 1863.

2) Pflüger's Archiv Bd. 3 S. 247 (263). 1870.

Bei diesen Erregungen vertritt Engelmann die Ansicht, dass es sich lediglich um die Reizung muskulöser Elemente handle, und dass namentlich keine Ganglienzellen dabei im Spiele seien, die sich an den zur Reizung verwendeten Stellen des Ureters überhaupt nicht fänden. Die Erregung trifft also unmittelbar die Muskelzelle und wird ohne Vermittelung des Nervensystems von Muskelzelle zu Muskelzelle fortgeleitet. Der Ureter verhält sich „wie eine einzige, kolossale, hohle Muskelfaser ohne motorische Nerven".

In neuerer Zeit hat zwar Disselhorst[1]) gangliöse Elemente und Endigungen von Nervenbündeln besonders am Nierenbecken und am Blasenende des Harnleiters nachgewiesen. Das eigentliche Muskelrohr des Harnleiters ist nach ihm frei von Ganglienzellen, aber ziemlich reich an Nerven. Ganglienhaufen finden sich ausserdem vielfach in der Nähe von Gefässen[2]).

Selbstverständlich ist damit nicht obige Annahme von Engelmann widerlegt; denn auch trotz des Vorhandenseins von Nerven oder nervösen Apparaten kann die Reizung selbst und ihre Fortleitung in Form einer peristaltischen und antiperistaltischen Welle der Regel nach doch sehr wohl lediglich an die Mulkelzelle geknüpft sein[3]).

Weitere Aufschlüsse über das oft merkwürdige Verhalten glatter Muskeln gegenüber elektrischen Reizen geben dann lehrreiche Arbeiten von Biedermann[4]) und von Pawlow[5]), welche beide wieder an dem Fick'schen Präparat, dem Schliessmuskel von Anodonta und nahezu gleichzeitig ihre Versuche anstellten.

Uns interessirt aus der Biedermann'schen Arbeit zunächst vor allen Dingen die Thatsache, dass der aus irgend welchen Ursachen, namentlich in Folge der Präparation in andauernde tonische Zusammenziehung versetzte Muskel weder durch einen einzigen, noch selbst durch eine ganze Reihe von Inductionsschlägen mit Erfolg gereizt

1) Der Harnleiter der Wirbelthiere. Wiesbaden 1894. (Sonderabdr. aus den anat. Heften von Merkel und Bonnet.)

2) Ganz kürzlich hat Protopopow (Pflüger's Archiv Bd. 66 S. 1, 1897) den Harnleiter anatomisch und physiologisch sehr sorgfältig untersucht und Nervenelemente in allen seinen Schichten gefunden. Die Nerven sind nach ihm über die ganze Länge desselben vertheilt, die Nervenzellen findet man vorzugsweise an seinen Enden.

3) S. hierüber auch Biedermann, Elektrophysiologie Abth. 1 S. 144. 1895.

4) Wiener Akademie-Berichte Bd. 91 Abth. 3 S. 29. 1885.

5) Pflüger's Archiv Bd. 37 S. 6. 1885.

werden kann, wohl aber durch die Oeffnung eines Kettenstromes, dagegen nicht oder kaum durch die Schliessung eines solchen. Der an und für sich ja viel schwächere Oeffnungsreiz ist also hier wirksam, die sonst ausserordentlich viel stärkeren anderen Reize ganz oder fast ganz unwirksam. Ist dagegen der Muskel allmälig erschlafft und hat er seinen anfänglichen Tonus verloren, was man durch mässige Erwärmung beschleunigen kann, so reagirt er sehr wohl auf verhältnissmässig schwache, einzelne oder hinter einander folgende Inductionsströme mit schwacher Zuckung, beziehungsweise mit kräftigem Tetanus und verhält sich jetzt ganz ähnlich einem quergestreiften Muskel.

Des Weiteren konnte Biedermann die wichtige Thatsache feststellen, dass — wie Aehnliches schon Fick beobachtet hatte — ein tonisch contrahirter Muskel durch einen constanten Strom schnell von seinem Tonus befreit, also erschlafft wird.

Pawlow, welcher in Heidenhain's Institut arbeitete, beobachtete ebenfalls die erregende Wirkung kurzer und die erschlaffende Wirkung länger dauernder Ströme, zeigte aber ferner, dass sowohl die Zusammenziehung wie die Erschlaffung des Muskels verhältnissmässig leicht durch Reizung gewisser Nerven, namentlich durch chemische Reizung derselben, auszuführen ist. Diese letzteren Nerven würde man also als „Hemmungsnerven" oder besser detonisirende Nerven bezeichnen, während ihnen gegenüber die gewöhnlichen motorischen Nerven stehen, deren Reizung eben den Muskel zur Zusammenziehung bringen. Wie freilich jene erschlaffenden Nerven wirken, das ist zur Zeit noch nicht mit Sicherheit festzustellen. Nur möchten wir darauf hinweisen, dass ja auch sonst in Folge elektrischer Einwirkungen (und zwar bei Schliessung eines Stromes an der Anode) Erschlaffungen eintreten[1]).

Von weiteren, unser Thema betreffenden Arbeiten seien hier noch folgende mitgetheilt. Grünhagen und Samkowy[2]) verwendeten den Sphincter pupillae, Ranvier[3]) dagegen unter Anderem ein Präparat, welches — wenn auch in etwas veränderter Form — auch von uns und Andern benutzt wurde, nämlich den Magen des Frosches, beziehungsweise seine Muskelhaut. Aus seinen ungemein interessanten

1) Das Nähere hierüber findet sich in den späteren Arbeiten von Biedermann und seinen Schülern (s. dessen Elektrophysiologie Bd. 1 S. 219), die weiter unten berücksichtigt werden (S. 29).

2) Pflüger's Archiv Bd. 10 S. 165. 1875.

3) Leçons d'anatomie générale sur le système musculaire p. 396. Paris 1876.

und inhaltreichen Untersuchungen, die sich alle durch die Einfachheit und Zierlichkeit der Technik auszeichnen, erwähne ich hier nur die Feststellung des Zuckungsverlaufes, also der Muskelcurve, wie wir sagen würden. Nach einer Latenzdauer von 2—5 Secunden, die sich mit zunehmender Stärke des (elektrischen) Reizes verkürzt, zieht sich der Muskel verhältnissmässig schnell zusammen, innerhalb 20—30 Secunden, und erschlafft, wie auch schon Fick gefunden hatte, viel langsamer, in etwa der doppelten Zeit. Die Grösse der Zusammenziehung ist verhältnissmässig bedeutend, sie beträgt mehr als die Hälfte der einzelnen Faserzelle.

Der Magen, und zwar sowohl der ganze Magen wie ein von seiner Schleimhaut abpräparirtes Stück Muskelhaut, zeigt spontane Pulsationen, ähnlich denjenigen des Herzens, die regelmässig, wenn auch langsam, auf einander folgen und den einzelnen durch elektrische Reize erzeugten Zuckungen, oder besser gesagt Zusammenziehungen, gleichen.

Ranvier führt sie zurück auf Ganglienzellen, welche in oder unter der Serosa auf der eigentlichen Muscularis des Magens gelegen sind. Letztere besteht nach ihm nur aus ringförmig, nicht aus längs verlaufenden Fasern. Alle Theile des Darmrohres, von der Speiseröhre bis zum Dickdarm, zeigen diese spontanen Pulsationen, welche von der Erregbarkeit der Präparate sowie namentlich von der Temperatur abhängig sind.

Ich komme schliesslich noch zu den neuesten Untersuchungen auf unserem Gebiete, und zwar zunächst zu der in dem Bernstein'schen Institute angestellten inhaltsreichen Arbeit von Morgen[1]).

Er benutzte, wie Ranvier, den Magen des Frosches, von dem er einen (gewöhnlich den mittleren) Theil ausschnitt und den so entstandenen Ring in zwei Haken aufhängte, deren unterer mit einem Gewicht von 20—25 g beschwert und zu gleicher Zeit mit einem Zeichenhebel verbunden war. Die Haken dienten zu gleicher Zeit als die den elektrischen Reizstrom zuführenden Elektroden. Der Muskel befand sich selbstverständlich in einer feuchten Kammer. Den Reizstrom lieferte in der Regel eine Batterie von 4—6 kleinen Daniells.

Bei Anwendung dieses Stromes stellte sich nun ein bemerkenswerther Unterschied heraus, je nachdem man den Ring mit oder ohne

---

1) Ueber Reizbarkeit und Starre der glatten Muskeln. Inaugural-Dissertation. Halle a./S. 1888.

Schleimhaut untersuchte. Ohne mich zunächst auf die Erklärung dieses verschiedenen Verhaltens einzulassen, hebe ich hervor, dass der Muskelring mit der Schleimhaut vielfach die schon oben erwähnten spontanen Zusammenziehungen ausführte und namentlich auf die Schliessung des Stromes, viel weniger dagegen auf die Oeffnung desselben, reagirte. Je mehr aber die Erregbarkeit des Präparates sank, desto mehr trat die Oeffnungscontraction in den Vordergrund, die Schliessungscontraction dagegen zurück. Die erstere schien ausserdem innerhalb gewisser Grenzen mit der Dauer der Durchströmung zuzunehmen.

Wurde aber die Schleimheit von dem Magenring entfernt und die Muskelhaut allein gereizt, dann verschwand die Schliessungscontraction ganz oder fast ganz, und nur bei Oeffnung des Stromes trat eine bedeutende Zusammenziehung ein, die mit der Schliessungsdauer allmälig zunahm. Ferner fehlen bei der Muskelhaut ohne Schleimhaut die spontanen Contractionen ganz oder sind doch viel seltener.

Auf die merkwürdigen Aehnlichkeiten zwischen dem Verhalten des Magenringes und demjenigen des Schliessmuskels der Muscheln, welches Biedermann festgestellt hat, sei hier vorläufig nur hingewiesen.

Schliesslich untersuchte Morgen in gleich sorgfältiger und methodischer Weise auch die Einwirkungen verschiedener chemischer Agentien, die theils in Gasform (Aether, Chloroform, Ammoniak), theils in flüssiger Form (Kochsalzlösungen, Säuren, Alkalien) mit dem Magenring in Berührung gebracht wurden, sowie diejenige verschiedener Temperaturen.

Die letzten (aber nicht der Zeit nach letzten) Arbeiten, welche ich bei meinen Untersuchungen vorfand, oder besser gesagt, hätte vorfinden können (denn ich wurde erst am Ende meiner Arbeit darauf aufmerksam gemacht), rühren von zwei italiänischen Forschern her. Capparelli[1]) untersuchte die Art der Zusammenziehung von verschiedenen glatten Muskeln oder von ganzen muskulösen Organen, wie Harnblase, Speiseröhre, Magen von Warm- und Kaltblütern unter verschiedenen Bedingungen, namentlich unter dem Einfluss verschiedener Temperaturen bei elektrischer Reizung. Dauer der Latenz, Art und Stärke der Zusammenziehung in Folge einmaliger oder wieder-

1) Archives italiennes de biologie T. 2 p. 291. 1882.

holter Reizung und schliesslich der Verlauf der Starre bei dem Absterben der glatten Muskeln werden untersucht und vielfach graphisch verzeichnet.

Während Capparelli an den üblichen und von fast allen Forschern angewendeten Organen seine Versuche anstellte, hat sich Sertoli[1]) eines neuen, ganz besonderen und offenbar vortrefflichen Präparates bedient, nämlich des Musculus retractor penis, der gleich wenig beachtet von Anatomen und Physiologen in der Perinäalgegend liegt und nur von Haut und Fascie bedeckt ist. Er stellt einen glatten, hellrosafarbenen Strang dar, welcher aus parallelen Faserzügen glatter Muskeln besteht. Nach Tödtung der Thiere (Pferde, Esel, Rinder, Hunde) wurde er präparirt, im Kalten bei 5—8 ° C. aufbewahrt und bei einer Temperatur von 30—37 ° C. untersucht. So kann er seine Erregbarkeit 5, 6, ja sogar 7 Tage nach der Tödtung des Thieres bewahren. In höherer Temperatur (39—40 ° C.) stirbt er schnell ab.

Aus der beachtenswerthen Arbeit Sertoli's dürfte an dieser Stelle Folgendes mitzutheilen sein. Nach der Ansicht von Sertoli hat der genannte Muskel keine Ganglienzellen und zeigt, in einer feuchten Kammer bei 20—37 ° C. aufgehängt und mit einem Gewicht von 15 g beschwert, spontane Contractionen, die nicht alle gleich gross sind und die nahezu ebenso schnell entstehen, wie vergehen. Die Dauer der Zusammenziehung des Muskels ist also etwa gleich der seiner Verlängerung.

Von grundsätzlicher Bedeutung ist hierbei die Thatsache, dass diese Bewegungen 24—48 Stunden nach der Tödtung des Thieres (Pferdes), ja sogar noch am 5. Tage nach derselben beobachtet werden konnten.

Starke Chloraldosen setzen (bei lebenden Thieren) diese Bewegungen bedeutend herab oder heben sie ganz auf. Unterbrechung der künstlichen Athmung an curarisirten Thieren ruft die Bewegungen hervor. Wiedereinleitung der Athmung erzeugt eine schnelle und gewaltige Erschlaffung des Muskels. Aehnlich erschlaffend wirkt Absperrung des Blutes und ein mittelstarker constanter elektrischer Strom (von etwa 6 Daniells).

Elektrische Reizung des Muskels durch Inductionsströme vermittelst des Du Bois-Reymond'schen Schlittenapparates ergibt,

1) Archives italiennes de biologie T. 3 p. 78. 1883.

dass ein einzelner kräftiger Oeffnungsinductionsschlag, welcher eine schmerzhafte Zusammenziehung der Armmuskeln von Sertoli zur Folge hatte, unwirksam ist. Man muss „während eines Augenblickes“ oder „während einer gewissen Zeit“ die einzelnen, schnell auf einander folgenden Ströme des Apparates durch den Muskel schicken, damit sie wirksam werden. Dann beobachtet man, je nach der Dauer und Stärke der angewendeten Ströme, sowie je nach der Erregbarkeit und Belastung des Muskels, verschiedene Zuckungs- oder besser Zusammenziehungscurven. Das Stadium der Latenz ist etwa hundert Mal grösser als beim Wadenmuskel des Frosches, beträgt also nahezu eine Secunde (0,8—0,85 Secunden), die ganze Zusammenziehung dauert 90—120 Secunden. Hiervon entfällt auf den Vorgang der Zusammenziehung im engern Sinne (d. i. auf den Anstieg der Curve) etwa $^1/_7$—$^1/_5$, also 15—20 Secunden, auf den Abstieg der Rest, also 75—80 Secunden.

Es weichen diese Zahlen etwas von denen anderer Forscher ab, was wohl zum Theil an der Art der Reizung liegen mag. Es ist daher auch die Zusammenziehungscurve, welche Sertoli auf Seite 86 seiner Arbeit wiedergibt, worauf mich Herr Prof. Grützner besonders aufmerksam macht, möglicher Weise gar keine Zuckungscurve, sondern höchstwahrscheinlich eine Tetanuscurve, weil sie nicht durch einen Reiz, sondern durch eine ganze Reihe von Reizen erzeugt worden ist, worüber weiter unten noch Weiteres mitgetheilt wird.

Sertoli scheint allerdings zu glauben, dass ein Tetanus, also eine Summation von Reizen erst dann entsteht, wenn die Dauer der Reizung die Zeit des Anstiegs überschreitet[1]). Ich glaube nicht, dass man zu dieser Annahme berechtigt ist. Wenigstens ist, wie ja schon die bekannten Versuche von Helmholtz gelehrt haben, bei dem quergestreiften Muskel die Sache anders. Wenn man alles das eine Zuckung nennen wollte, was durch eine Reihenfolge von Reizen ausgelöst wird, welche mit dem Beginne der Zuckung anheben und sich bis zum Höhepunkt der Curve fortsetzen, also alle in das Stadium der steigenden Energie fallen, so würde man sehr merkwürdige und sehr mannigfaltige Zuckungscurven erhalten.

Des Weiteren wird die Gestalt dieser seiner Tetanuscurve besprochen, welche von der des quergestreiften Muskels abweicht, während

1) Die Worte lauten: Si la durée de l'excitation dépasse celle de la période du plus fort raccourcissement, on a alors une courbe, qui est celle du tétanos.

die Arbeitsleistung des glatten Muskels gleich der des quergestreiften bei mittleren Belastungen am grössten ist.

Reizung des Präparates mit constanten Strömen ergibt Folgendes: Während „mittelstarke“ Ströme (6 Daniells!), wie schon oben erwähnt wurde, den spontan thätigen Muskel schlaff machen, bringen „stärkere“ Ströme (20 Daniells!) denselben zur Zusammenziehung. Dieselbe tritt 2—3 Secunden nach Schliessung des Stromes ein, entwickelt sich langsam, bleibt während der Durchströmung (die zu 100 Secunden Dauer angenommen ist), und auch noch nach derselben bestehen. Erst 10—12 Secunden nach Oeffnung des Stromes verlängert sich der Muskel. Oeffnungserregungen finden sich ebenfalls; sie sind schwächer als diejenigen bei der Schliessung. Ueberhaupt aber, was für unsere oben ausgesprochene Vermuthung spricht, sind diese durch den constanten elektrischen Strom erzeugten Zusammenziehungen viel kleiner, als die durch eine Reihenfolge von inducirten Strömen.

Wenn man desshalb die Frage zu beantworten hätte, wer zuerst die Zuckungs- oder Contractionscurve eines glatten Muskels gezeichnet, beziehungsweise beschrieben hat — vorausgesetzt, dass man dieselbe überhaupt mit Sicherheit kennt —, so ist dies meines Wissens für den glatten Muskel eines Wirbellosen Fick, für denjenigen eines Wirbelthieres Ranvier gewesen. Man kann nämlich, abgesehen von andern, weiter unten mitzutheilenden Thatsachen, immer einwenden, dass man nicht die Muskelsubstanz allein, sondern zugleich die in ihr befindlichen Nerven und Ganglienzellen erregt hat. Auch Sertoli dürfte von dem Retractor penis Zuckungscurven gezeichnet haben, die er durch kurz dauernde Reizung mit einem constanten Strom erhalten hat. Ob er solche veröffentlicht hat, ist mir nicht bekannt.

Schliesslich hat Sertoli auch noch, wie die meisten andern Forscher auf diesem Gebiete, den Einfluss verschiedener Temperaturen auf den Retractor untersucht und, abgesehen von den oben schon mitgetheilten Thatsachen, unter Anderem, ähnlich wie Ranvier, gefunden, dass wesentlich die Temperaturschwankungen sowohl positive wie negative erregend wirken.

Erwähnt seien schliesslich noch die hochinteressanten Arbeiten von Mosso und Pellacani, sowie von Pellacani[1]) allein, welche sich allerdings auf ein ganzes muskulöses Organ mit all' seinen

1) Archives ital. de biolog. T. 1 S. 95, 1882, und T. 2 S. 302, 1882.

nervösen Verbindungen, nämlich auf die Harnblase und ihre Bewegungen beziehen.

Das sind im Wesentlichen die Arbeiten über die Physiologie der glatten Muskeln, welche mir vorlagen, als ich meine Untersuchungen begonnen, beziehungsweise nahezu abgeschlossen hatte. Sie sind hier auf Veranlassung von Herrn Prof. Grützner, unter dessen Anregung und Leitung ich meine Arbeit ausführte, desshalb ausführlicher, als dies vielleicht sonst üblich ist, mitgetheilt, weil fast in jeder dieser Arbeiten der spätere Forscher nichts weiss, beziehungsweise nichts erwähnt von dem, was der eine oder der andere seiner Vorgänger auf demselben Gebiete schon gesehen und veröffentlicht hat.

Meine Untersuchungen stellte ich im Physiologischen Institut in Tübingen im Wintersemester 1894/95 und im Sommer 1895 an. Leider wurde durch äussere Umstände, namentlich durch meinen Wohnungswechsel, die Veröffentlichung meiner Arbeit so weit hinausgeschoben, dass ich eine ganze Reihe von wichtigen Arbeiten, welche in der Zwischenzeit von damals bis jetzt über unser Thema erschienen sind, nicht weiter berücksichtigen konnte. Folgende Bemerkungen mögen daher genügen.

P. Schultz[1]) hat im Berliner Physiologischen Institut ebenfalls die glatte Muskulatur sowohl vom anatomischen wie physiologischen Gesichtspunkte sorgfältig untersucht und natürlich vielfach dasselbe gesehen, wie ich und Andere, um so mehr, als er auch an demselben Präparat wie ich, an der Muskelhaut des Froschmagens, gearbeitet hat.

In erster Linie beschäftigt er sich mit der histologischen Beschaffenheit der Muskelfaserzellen und ihrer Vereinigung mit dem Nervensystem. Auf Grund der neueren Methoden findet er im Anschluss an frühere Forscher einen ungemein grossen Reichthum dieser Gebilde an Nerven und Nervenzellen, die zwischen den Muskelzellen liegen. Nach der Verschiedenheit ihres Aussehens ist Schultz geneigt, sensible und motorische Ganglienzellen zu unterscheiden, welche mit den betreffenden Nervenfasern einen an Ort und Stelle befindlichen kurzen Reflexbogen darstellen.

Weiterhin prüfte er das Verhalten der Muskelhaut des Froschmagens gegenüber elektrischen Reizen und verwendete hierbei nicht

1) Archiv f. Anatomie u. Physiologie (Physiol. Abth.) S. 517, 1895, ebenda S. 543, 1896 und S. 1, 307, 322 und 329, 1897.

wie Ranvier und Bernstein (beziehungsweise Morgen) den geschlossenen Muskelring, sondern schnitt denselben auf, so dass er nach Entfernung der Schleimhaut ein einfaches Muskelband erhielt, welches im Durchschnitt 11 mm lang, $3^1/_2$ mm breit und 1 mm dick war. Wenn aber Schultz weiterhin der Ansicht ist, dass dieses Band nur aus einer einzigen Faserschicht, nämlich den ringförmig verlaufenden Fasern besteht, so möchte ich diese Angabe bezweifeln; keinesfalls galt sie für meine Präparate.

In einer grossen Menge von Längs- und namentlich Querschnitten durch den Froschmagen, welche mir Herr Prof. Grützner vorwies, konnte man sich nämlich auf das Leichteste und Sicherste überzeugen, dass, abgesehen von der innen liegenden, zarten Muscularis mucosae, auf der mächtigen, die Hauptmasse bildenden Ringfaserschicht regelmässig eine wenn auch dünne und zarte muskulöse Längsfaserschicht aussen aufliegt[1]). Hin und wieder verliefen ihre Fasern etwas schräg.

Die Zusammenziehung dieses Muskelbandes in Folge elektrischer Reize wird verzeichnet, desgleichen seine Spannung gemessen, wenn man es an der Zusammenziehung verhindert, und der Einfluss verschiedener Temperaturen hierbei studirt. Steigerung der Temperatur erhöht die Grösse der Zusammenziehung und diejenige der Spannung; das Stadium der Latenz nimmt ab; die Curven werden steiler und kürzer.

Des Weiteren untersuchte Schultz auch in ähnlicher Weise wie Morgen den Einfluss verschiedener chemischer Stoffe auf sein Muskelband, indem er die in Wasser gelösten Stoffe auf dasselbe auftrug. Verschiedene Salzlösungen, Säuren, Alkalien und Alkaloide (Atropin, Nicotin) wurden geprüft, und es wurde nachgesehen, ob sie den Muskel zur Contraction bringen oder sonst seine Erregbarkeit beeinflussen. Beachtenswerth ist die Wirkung des Atropins, welches, wie bekannt, die nervösen Endapparate lähmt[2]), den Muskel selbst

---

1) Vgl. unter Anderen Stricker, Lehre von den Geweben Bd. 1 S. 399, 1871, woselbst E. Klein sagt: Die Muscularis des Frosches zeigt, obwohl nicht überall, eine innere Rings- und eine um Vieles schwächere äussere Längsschichte ... Gegen den Pylorus wird sowohl die Rings- als auch die nun selbstständig gewordene Längsschichte mächtiger.

2) Siehe auch die Arbeit von Grünhagen und Samkowy, Pflüger's Archiv Bd. 10 S. 166, sowie Kobert, Lehrbuch der Intoxikationen S. 607. 1893, und Pellacani l. c.

aber nicht schädigen soll, während Nicotin dies thut. Atropinisirte Muskeln zeigen daher keinen Tonus und keine spontanen Contractionen, sind aber gut erregbar, z. B. durch den elektrischen Strom.

B) Eigene Untersuchungen.

1) Methodisches.

Das mir von Herrn Prof. Grützner zur Verfügung gestellte Myographion war eine kleinere Abart des gewöhnlichen. Der über den Messingboden desselben gestülpte Glascylinder, welcher innen theilweise mit befeuchtetem Fliesspapier überzogen war, hatte etwa 7 cm Höhe und $5^1/_2$ cm Durchmesser. Auf seinem Boden stand isolirt ein Messingbügel von nebenstehender Gestalt ⊓.

Sein horizontaler Schenkel trug in der Mitte den einen Platinhaken, der durch eine aus dem Glascylinder hervorragende, steile Schraube gehoben und gesenkt werden konnte und zu gleicher Zeit mit der einen Elektrode in Verbindung stand. In ihn wurde der Bernstein'sche Muskelring gehängt, der natürlich auch den untern Haken aufnahm. Dieser stellte die andere Elektrode dar. Er ging in einen 3—4 cm langen dünnen Platindraht über und trat mitten durch eine kleine Oeffnung des Myographionbodens nach unten heraus. Hier wurde er in zweckentsprechender Weise an den leichten Zeichenhebel befestigt und durch einen zweiten, mit dünnem Messing überzogenen Baumwollfaden, welcher die Bewegung in keiner Weise hinderte, mit der Stromquelle in Verbindung gebracht. Die Belastung war gewöhnlich nur gering (0,75—1,0 g), die Vergrösserung der Bewegung 6—8fach.

Die Aufzeichnung geschah auf eine Trommel des Hürthle'schen Kymographions, welche sich ausserordentlich langsam drehte, 27—28 mm in der Minute.

Den Strom lieferten entweder 2—4 kleine Daniells mit entsprechendem Nebenschluss oder die bekannten Inductionsapparate.

2) Die spontanen Contractionen.

Der in dieser Weise im Myographion aufgehängte Magenring zeigte, wie vorher der ganze Froschmagen, spontane Contractionen, welche meistentheils sofort nach der Befestigung des Präparates an den beiden Platinhaken eintraten, manchmal aber in den ersten

7—10 Minuten noch ausblieben, um dann desto beträchtlicher auszufallen. Der Ring zog sich meistens ziemlich schnell und energisch zusammen und erschlaffte ziemlich langsam, wie dies bereits Ranvier

Fig. 1 a.

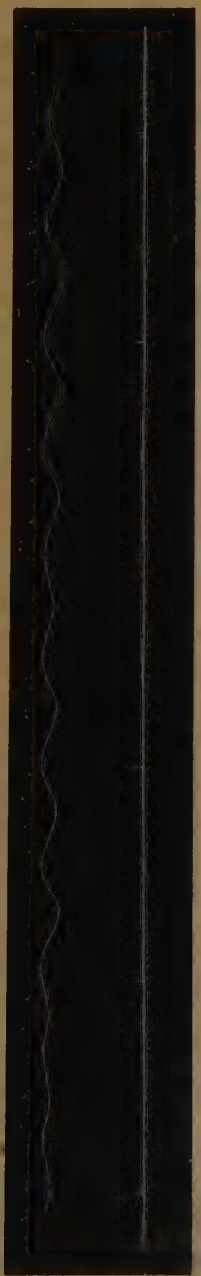

Fig. 1 b.

Fig. 1 c und Fig. 2.

und Andere gesehen haben. Oefters blieb sogar die Erschlaffung sehr unvollständig oder fehlte überhaupt gänzlich, wenn mehrere spontane Contractionen so rasch auf einander folgten, dass die Muscularis keine Zeit zur vollkommenen Wiederausdehnung fand. Die Grösse der Contractionen richtete sich im Allgemeinen nach der Häufigkeit, mit welcher der Muskelring in einer bestimmten Zeit sich zusammenzog. Folgten z. B. zwei Contractionen unmittelbar auf einander, so fiel die letztere naturgemäss ziemlich unbedeutend aus. Vollständige Erschlaffung des Ringes und somit auch gänzliches Ausbleiben der spontanen Contractionen trat oft erst nach mehreren Stunden ein.

Die beistehende Fig. 1 a zeigt jene spontanen Contractionen eines Magenringes mit Schleimhaut, wie sie sich in der Mehrzahl der Fälle darstellen. Die Maasse auf der Abscisse bedeuten Minuten.

In Fig. 1 b folgen die Zusammenziehungen viel schneller, auch ist der Unterschied zwischen der Länge des Aufstiegs und des Abstiegs viel unbedeutender. Sie kamen dadurch zu Stande, dass ein schleimhautfreier, ruhiger Muskelring einen einzigen Anstoss durch den Strom einer Stöhrer'schen Maschine erhielt.

Fig. 1 c stammt von einem sehr erregbaren Präparat ohne Schleimhaut. Die erste Contraction ist eine spontane. Die beiden folgenden (Fig. 2) sind eine Schliessungs- und eine Oeffnungserregung (*S* und *Ö*). Der Strom blieb eine Minute geschlossen.

Ich möchte hier gleich auf die ganz verschiedenen Typen der Muskelcurven hinweisen, von denen die einen nahezu Sinuscurven gleichen, die andern dagegen eine gewisse Aehnlichkeit wit Veratrincurven quergestreifter Muskeln haben.

Die hier in erster Linie zu erledigende Frage ist die, woher diese spontanen Contractionen kommen. Zunächst mag es sein, dass, wie auch meine Vorgänger gefunden haben, die Muskelhaut im Verein mit der Schleimhaut dieselben in der Regel, aber keineswegs immer, viel gleichmässiger oder gewöhnlich viel länger zeigt, als der Muskelring ohne Schleimhaut. Durch das Entfernen der Schleimhaut, mag es nun noch so sorgfältig und schonend geschehen, werden einmal die Muskeln und namentlich die nervösen Elemente gezerrt und gedehnt und, soweit es sich um die nervösen Elemente in oder unter der Schleimhaut handelt, ganz oder theilweise zerstört. Vollkommen frei von Nerven und Ganglienzellen ist aber selbst ein derartig

präparirter Magenring nicht. Er ist nur ärmer daran und die nervösen Elemente sind vielfach verletzt.

Sind nun diese spontanen Contractionen nervösen oder muskulösen Ursprungs? kann auch der nervenfreie Muskel derartige Contractionen ausführen? Diese Frage ist nicht leicht zu beantworten. Sowohl Ranvier wie Morgen (S. 15), und Schultz (S. 326) sind der Ansicht, dass sie nervösen Ursprungs sind. Schultz hält sie geradezu für Reflexbewegungen. Und es wird von den letzteren Forschern geltend gemacht, dass Narkotika (Morphin, Chloral, Aether, Chloroform) in dem herausgeschnittenen oder noch im Thiere befindlichen Muskel die Contractionen aufheben. Auch Atropin, welches nach Schultz geradezu als das Curare der glatten Muskeln angesehen werden muss, wirkt in gleicher Art.

Trotzdem ich nun diese Behauptungen, in so weit sie sich unmittelbar auf Thatsachen beziehen, durchaus als zu Recht bestehend anerkenne, ja mich theilweise selbst von ihrer Richtigkeit überzeugt habe, so möchte ich doch, in dem ich hier die Anschauungen von Herrn Prof. Grützner wiedergebe, glauben, dass ein gänzlich nervenfreier Muskel auch spontane Contractionen zeigen kann. Dabei will ich natürlich gar nicht bestreiten, sondern im Gegentheil noch ganz besonders hervorheben, dass in sehr vielen Fällen, in welchen eben jene Contractionen zur Beobachtung gelangen, die nervösen Elemente ihre Hand im Spiel haben.

Sertoli gibt an, dass sein Muskelpräparat, in welchem er übrigens Ganglienzellen nicht nachweisen konnte, sich noch nach 5 Tagen rhythmisch zusammenzog. Sollten Ganglienzellen eines Warmblüters in einem abgeschnittenen dünnen Muskelstreifen (wenn wir wirklich annehmen, dass er deren enthielte und sie Sertoli nur nicht gesehen hat), sollten diese und ihre nervösen Verbindungen 5 Tage lang am Leben bleiben? Das ist doch ganz unwahrscheinlich. Wissen wir doch z. B. aus den interessanten Mittheilungen von Langendorff[1]), dass die sympathischen Ganglienzellen von Warmblütern schon kurze Zeit nach der Tödtung der Thiere, d. h. nach Minuten, ihre Erregbarkeit eingebüsst haben und die in sie eintretenden Reize nicht mehr weiterleiten können.

1) Centralblatt für Physiologie Bd. 5 S. 129. 1892.

Wir fragen weiter, würde sich der glatte[1]) Muskel, indem er auch ohne nervösen Einfluss sich mehr oder weniger rhythmisch zusammenzieht, so ganz und gar von allen ähnlichen irritablen Gebilden unterscheiden? Das kann ich nun ganz und gar nicht finden. Die ganglienfreie Herzspitze und der entnervte (curarisirte) quergestreifte Muskel ziehen sich hin und wieder ebenfalls rhythmisch zusammen. Nur eins ist dabei noch nothwendig, beziehungsweise in den meisten Fällen gegeben: Der Muskel muss entweder von Haus aus oder durch experimentelle Eingriffe in einem Zustande erhöhter Erregbar-

---

1) Schultz, bedient sich statt des gewöhnlichen, allgemein verbreiteten Namens „glatte Muskeln" der Bezeichnung „längsgestreifte Muskeln" und spricht den Wunsch aus, dass diese Bezeichnung möglichst bald allgemeine Anerkennung finden möge. Dies wird aber, wie ich glaube, sicherlich nicht stattfinden, und es ist auf das aller Entschiedenste dagegen Einspruch zu erheben, dass eine Bezeichnung, die sich seit Langem eingebürgert hat und auch gar nicht schlecht ist, einfach abgethan und durch eine neue, nebenbei bemerkt, keineswegs gute ersetzt wird. Wenn Jeder so wie Schultz verfahren würde, dann dürfte in der Wissenschaft bald die heilloseste Verwirrung herrschen und Keiner den Andern verstehen.

Ja, wenn selbst die Bezeichnung glatter Muskeln sachlich ganz falsch wäre, d. h. wenn es sich erwiese, dass sie rauh und uneben, aber durchaus nicht glatt wären, selbst dann würde es sich doch empfehlen, diese Bezeichnung „glatt" beizubehalten, sobald sie sich eingebürgert hat. Denn sie erfüllt vollkommen ihren Zweck; jeder Mensch weiss, was man unter derselben zu verstehen hat.

Unter Gymnasium verstanden die Griechen bekanntlich die Stätte, in der die Jünglinge γυμνοί, d. h. nackt körperliche Uebungen ausführten. Auch heut zu Tage haben wir Gymnasien, aber sie bedeuten etwas anderes, und kein Mensch wird das Wort Gymnasium desshalb beseitigen wollen, weil es sachlich nicht zutreffend ist, weil heut zu Tage die Lehrer und Schüler nicht nackt in den Gymnasien herumspringen. —

Soviel ich sehe, besteht das Wort „glatte Muskeln" schon über 50 Jahre und ist in wohl alle Cultursprachen übergegangen (fibre oder muscle lisse (fr.), fibra liscia (ital.), plain fibre (engl.). Ich finde es zuerst bei Henle (Allgem. Anatomie S. 576, 1841). Hier steht: „Diese Art von Muskelfasern, welche man mit dem Namen der glatten, ungegliederten, auch organischen oder unwillkürlichen belegt hat." Kurze Zeit vorher werden diese Muskeln von Schwann (Mikroskop. Untersuchungen S. 167, 1839) mit unwillkürlich, nicht quergestreift, von J. Müller (Handb. d. Physiologie Bd. 2 S. 23, 1840) als leimgebendes contractiles Gewebe bezeichnet. Allgemein scheint der Name „glatt" erst geworden zu sein durch Kölliker's grundlegende „Beiträge zur Kenntniss der glatten Muskeln" (Zeitschr. f. wissenschaftl. Zool. Bd. 1 S. 48, 1849); denn Valentin spricht beispielsweise in Wagner's Handwörterbuch Bd. 1 S. 718, 1842, von einfachen (sogenannten platten oder organischen) Muskelfasern. Grützner.

keit sich befinden, oder, wie man auch sagen kann, in gleichmässiger Weise (am Besten wohl durch chemische Reize) erregt werden[1]).

Das Sertoli'sche, im Kühlen aufbewahrte Präparat musste zunächst erwärmt werden und wurde ferner belastet. Beide Umstände erhöhen die Erregbarkeit. Hiernach kann es uns nicht befremdlich erscheinen, wenn es sich wie der Herz- oder Stammesmuskel verhält.

Aber Herr Prof. Grützner geht noch weiter. So wie ein Muskel von genügender Erregbarkeit in periodische Erregung geräth oder gerathen kann, so findet etwas Aehnliches sicher auch statt bei den Nerven. Ist es ja doch bekannt, dass abgekühlte (d. h. von Kaltfröschen stammende) oder sonstwie, z. B. durch chemische Eingriffe, in ihrer Erregbarkeit erhöhte (motorische) Nerven in Folge eines einmaligen Anstosses den Muskel in Tetanus versetzen, also sicher eine ganze Reihe von Reizanstössen hinter einander in den Muskel senden.

Auch das schwirrende Gefühl, welches man nach Grützner[2]) empfindet, wenn man sich am Ellenbogen an den Nervus ulnaris stösst, dürfte vielleicht der Ausdruck für die rhythmisch (hier natürlich viel schneller als im Muskel) sich folgenden Erregungen in einem sensiblen Nerven sein.

Nach alledem würde der glatte Muskel eine Ausnahmestellung einnehmen, wenn er sich nicht auch ohne nervöse Einflüsse rhythmisch oder periodisch zusammenziehen könnte. Dass er es unterlässt, wenn er und seine nervösen Apparate durch obige Mittel vergiftet sind, spricht nicht gegen unsere Behauptung; denn einmal sind diese Mittel nicht völlig harmlos gegenüber dem Muskel und andererseits können sie ja vielleicht direct hemmend auf die nervösen Apparate einwirken, ohne desshalb die elektrische Erregbarkeit des Muskels selbst nennenswerth zu beeinflussen.

3) Die elektrische Erregung des Muskelringes.

Die Beobachtungen, welche ich bei elektrischer Reizung des Muskelringes gemacht habe, schliessen sich vielfach an diejenigen der oben genannten Forscher, namentlich an diejenigen von Morgen

---

1) Vgl. Biedermann, Elektrophysiologie S. 89 u. ff., Jena 1895, sowie die neuesten wichtigen Arbeiten von Engelmann (Pflüger's Archiv Bd. 56 S. 149, 1894, Bd. 59 S. 309, 1895, Bd. 61 S. 275, 1895, Bd. 62 S. 543, 1896, und Bd. 65 S. 109 und 535, 1897) über die myogene Natur des Herzschlages.

2) Pflüger's Archiv Bd. 28 S. 130 (178). 1882.

an. Ich brauche daher Manches nur flüchtig zu berühren, da es Bestätigungen früherer Angaben darstellt[1]).

Was zunächst die Reizung mit constanten Strömen anlangt, so bediente ich mich meistens der Bernstein'schen Anordnung; der Muskelring war in Platinhaken aufgehängt, die zugleich als zuführende Elektroden dienten. Ich verwendete aber viel schwächere Stromquellen als Morgen und als Schultz. Ersterer lässt den ganzen Strom von 4—6 kleinen Daniells, letzterer den einer mehrgliedrigen Grove'schen Kette in den Muskel aus Metallelektroden ein-, beziehungsweise aus dem Muskel in diese austreten. Ich bediente mich 2 oder 4 kleiner Daniells mit Nebenschliessung von einigen Hundert bis Tausend Siemens. Da aber schon 4 Daniell mit 200 Siemens Nebenschluss elektrochemische Zersetzungen an dem Muskelring (kleine Gasblasen) erkennen liessen, was bei den Versuchen meiner Vorgänger in noch viel höherem Maasse der Fall gewesen sein muss, so verwendete ich bei vielen elektrischen Reizversuchen einmal möglichst schwache Ströme und ein Paar Elektroden, die für den Muskel nahezu als unpolarisirbar angesehen werden konnten.

Sie waren von Herrn Prof. Grützner folgendermaassen hergerichtet worden. An ein kleines Zinkblech, welches das Ende der oberen Elektrode bildete, war ein horizontales, ⊏förmiges Glashäkchen befestigt. Ein ebensolches Glashäkchen befand sich an einem kleinen Zinkstück, welches sich in die untere Elektrode fortsetzte. Der Glasstab, aus welchem diese Häkchen gefertigt waren, hatte etwa die Dicke von einem Millimeter. Auf die beiden Glashaken wurde der Muskelring von der Seite her aufgeschoben und von den Zinkstücken eine leitende Verbindung zu dem Muskelring mit Thon hergestellt, der in physiologischer Kochsalzlösung getränkt war[2]).

Auf diese Weise kam der Muskel mit keinem Metall in Berührung. Irgend welche Polarisationserscheinungen liessen sich an ihm nicht beobachten. Seine Erregbarkeit erhielt sich unverhältnissmässig viel länger, als wenn man ihn in Metall(Platin)haken aufgehängt hatte. Auch waren die Zuckungen meistens viel höher, was

1) Der wesentliche Theil der die elektrische Reizung betreffenden Versuche wurde mir von Herrn Prof. Grützner aus seinen Versuchsprotokollen zur Verfügung gestellt.

2) Mit derselben Flüssigkeit getränkte baumwollene Läppchen sind vielleicht noch zweckmässiger. Grützner.

offenbar daher kommt, dass sonst der Muskel durch den elektrischen Strom theilweise getödtet wurde und nur das von beiden Elektroden gleich weit entfernte mittlere Stück am Leben blieb. Es war nämlich bei Anwendung polarisirender, gleich gerichteter Ströme sehr leicht zu sehen, wie die Gegend der Anode in Folge von Säurewirkung weisslich trübe, diejenige der Kathode dagegen durch Laugenwirkung glasig gequollen aussah. Von all' diesen offenbar höchst schädlichen Wirkungen war bei Anwendung jener für den Muskel unpolarisirbaren Elektroden bei meinen Versuchen nichts zu merken.

Fragen wir uns zunächst nach der Art der Zusammenziehung des Muskels, nach seiner Contractionscurve, so ist diese Frage gar nicht so leicht zu beantworten, und vor allen Dingen zur Zeit nach der Ansicht von Herrn Prof. Grützner noch gar nicht genügend beantwortet. Es entsteht nämlich die Frage, wie lange soll man den Strom geschlossen halten, damit man eine einfache Zusammenziehung, oder wenn wir uns die Verhältnisse auf den quergestreiften Muskel übertragen denken, eine einfache „Zuckung" erhält? Eine, zwei oder dreissig oder sechzig Secunden? Denn die Curve ändert sich mit der Dauer des Geschlossenseins an erregbaren Präparaten recht bedeutend, und es nimmt, wie ja schon die Untersuchungen von Fick und Engelmann gezeigt haben, die Stärke der Erregung mit der Dauer des reizenden Stromes zu.

Ich lasse zur Erläuterung einige Curven folgen, die von einem schlaffen, mit bräunlichem Schleim angefüllten Magen eines mittelgrossen Grasfrosches stammen. Die Versuche wurden im December angestellt. Die Länge des in den Glashaken (unpolarisirbaren Elektroden) aufgehängten, durch ein Gewicht von etwa 1,0 g gedehnten Muskelringes betrug 9 mm. Die Schleimhaut des Ringes, der etwas unter der Mitte des Magens herausgeschnitten war, war auf das Schonendste entfernt worden. Die Vergrösserung war 6,6fach. Verwendet wurden zwei ganz kleine Daniells mit Nebenschluss von 2000 Siemens und Reizdauer von einer Secunde. In nebenstehender Fig. 3 sieht man drei Curven dieses Muskels, bei welchem die Anode zweimal oben (⏐) und einmal unten (⏐) lag. Es fällt der ziemlich geradlinige Anstieg auf, der etwa die Hälfte der Zeit in Anspruch nimmt, als der Abstieg. Die Zeitmarken bedeuten hier, wie überall, Minuten.

Wurde derselbe Strom 5 Secunden auf- und absteigend geschlossen, so erhoben sich ganz anders gestaltete Curven auf die

mehr als doppelte Höhe von etwa 5 cm. Ich nehme von ihrer Mittheilung Abstand und verweise den Leser vielmehr auf Curven, welche der Muskel bei schwächeren (500 Siemens Nebenschliessung) ebenfalls 5 Secunden dauernden Reizen zeichnete (s. Fig. 4). Wie man sieht, stecken

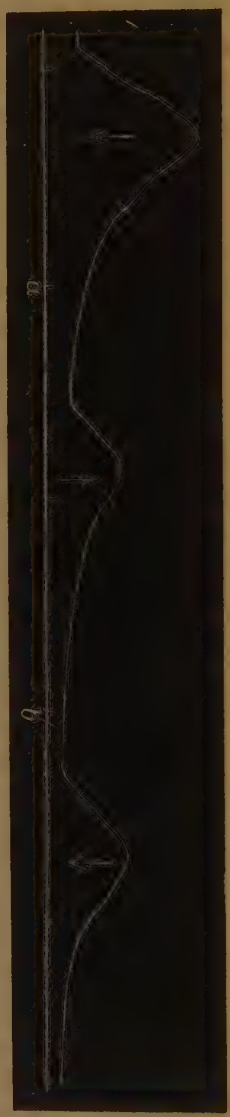

Fig. 3. Reizdauer 1 Secunde.

Fig. 4. Reizdauer 5 Secunden.

Fig. 5. Reizdauer 2 Secunden.

in diesen Curven verschiedene Erregungen. Nach $^1/_8$—$^1/_2$ Minute, bei a und a_1, sieht man in beiden Fällen, bei aufsteigenden wie bei absteigenden Strömen, eine zweite Erregung der ersten folgen. Zudem ist der Anstieg bei den beiden Stromrichtungen sehr verschieden, und daher auch die Gestalt der beiden Curven, von denen die eine ein Hochplateau, die andere

einen spitzen Berg bildet. Ausserordentlich oft konnte ich mich an diesem Präparat von dem verschiedenen Aussehen dieser beiden Curven, je nachdem es sich um einen ab- oder aufsteigenden Strom handelte, überzeugen. (Vgl. auch die Curven in Fig. 5, bei denen ein schwacher Strom 2 Secunden geschlossen blieb. Sie stammen von einem anderen Präparat.) Ich habe der Ursache dieser Verschiedenheit nicht weiter nachgespürt. Sie dürfte wohl wesentlich darin gelegen sein, dass die erregende Elektrode das eine Mal oben und das andere Mal unten lag und nicht vollkommen gleich wirkte. Auch mögen sich anodische Erschlaffungen an verschiedenen Stellen und von verschiedener Stärke störend eingeschoben haben. Ich möchte aber hervorheben, dass ich Umkehr der Wirkungen mit Umkehr des Stromes sehr oft bemerkt habe.

Wie kommt nun dieser zweite Reiz bei *a* zu Stande? Ist es etwa ein Oeffnungsreiz? Das ist nicht wahrscheinlich; denn er hätte dann eine Latenz von etwa 20 Secunden. Es ist vielmehr der Ausdruck einer Art von spontaner Thätigkeit des Muskels, die sich in schönster Weise zeigt, wenn man den Strom noch länger, etwa 10, 20, 30 Secunden bis mehrere Minuten geschlossen hält oder die auch bei besonders erregbaren (schleimhautfreien) Präparaten durch einen einmaligen elektrischen (s. Fig. 1, *b*) oder mechanischen Anstoss (s. Figg. 12 u. 13) ausgelöst werden kann. Indem ich die Zwischenstufen übergehe, führe ich eine Curve als Beispiel an (s. Fig. 6), welche diese rhythmischen Zusammenziehungen des Muskels bei constanter, minutenlanger Durchströmung desselben in schönster Weise zeigt. Ein absteigender Strom von 2 Daniells mit 1500 Siemens Nebenschliessung kam zur Verwendung und blieb 4 Minuten geschlossen. Man sieht die starke Schliessungs- und schwächere Oeffnungserregung bei *S* und bei *Ö* und die in Pausen von etwa 0,6 Minuten sich folgenden periodischen Zusammenziehungen. Aufsteigende Ströme wirkten ganz gleich, die Oeffnungserregung war nur etwas stärker. Wir haben also eine Erscheinung vor uns, wie sie in ähnlicher Weise auch für den quergestreiften Muskel von Eckhard und namentlich von Biedermann und Anderen[1]) beobachtet und beschrieben wurde, nämlich eine periodische Zusammenziehung, eine Art Pulsiren in Folge der Durchströmung mit einem constanten Strom. Auch dürften die von Engelmann am Ureter beobachteten, von der Kathode

1) S. Biedermann, Elektrophysiologie Bd. 1 S. 167 u. f.

eines constanten Stromes ausgehenden Wellen eine ähnliche Erscheinung darstellen.

Wenn von meinen Vorgängern noch Niemand — so viel ich weiss — diese merkwürdige Erscheinung am Magenring beobachtet hat, so dürfte dies wohl wesentlich darin liegen, dass man einmal sehr erregbare Muskeln dazu nöthig hat und dass man vor allen Dingen die Muskeln nicht durch zu starke Ströme, die ihnen durch die Metallhaken zugeführt werden, in grosser Ausdehnung abtödten darf.

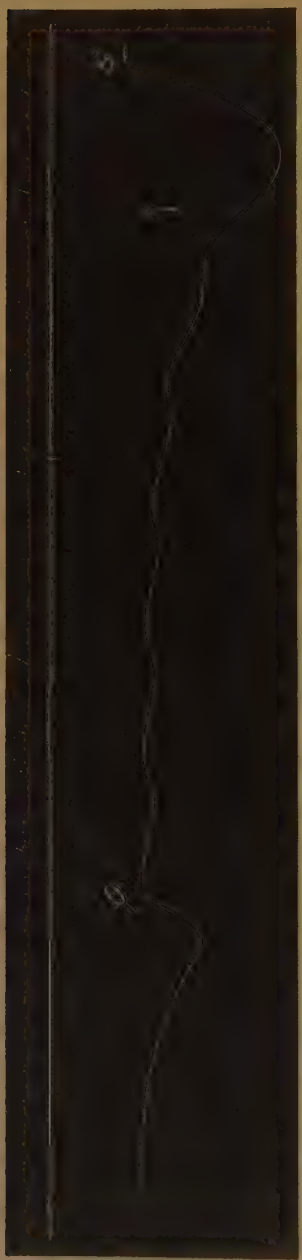

Fig. 6.

Für gewöhnlich haben nun aber die Muskelcurven, die man durch kurze, $^1/_2$—1 Secunde dauernde, elektrische Reizung erzeugt, eine andere Gestalt als die in Fig. 3 dargestellten. Sie gleichen vielmehr den in den früheren Figuren 1 a und 2 wiedergegebenen und sind wahrscheinlich alle insgesammt als summirte Zuckungen anzusehen. Denn sie sind gar zu mannigfaltig. Ganz abgesehen von der ausserordentlichen Verschiedenheit der Latenz, auf die ich noch später eingehen werde, ist auch das Stadium der steigenden Energie bei ihnen sehr verschieden. Ich verfüge über eine grosse Zahl von Curven, welche alle bei mittlerer Zimmertemperatur gezeichnet wurden und deren Aufstiege ihrer Zeit nach von etwa 8—30 Secunden schwankten. Die kürzeren Zeiten fielen allerdings in den Sommer.

Diese Verschiedenheiten dürften kaum anderweitig erklärt werden können. Die verschiedene Temperatur kann es zunächst nicht sein; denn ein und

derselbe Muskel zeichnet oft bei derselben Temperatur ausserordentlich verschiedene Curven. Auch betrugen die Temperaturunterschiede bei meinen Versuchen nicht viel. Im Winter war die Temperatur in dem Experimentirzimmer etwa 18° C., im Sommer 20—22° C. Vielfach steigen die hohen Curven zu gleicher Zeit steil an und die niedrigen flach; aber man kann auch das Umgekehrte nicht selten beobachten.

Dass es sich ferner um verschiedene Muskelelemente handelt, von denen sich die einen schnell, die anderen langsam zusammenziehen, wie etwa die rothen und die weissen beim Kaninchen, daran ist an ein und demselben Muskelring wohl auch nicht zu denken.

Es bleibt daher wohl nur das verschieden schnelle Ergriffenwerden der einzelnen Elemente hinter einander, sowie die verschiedene Zahl der gleichzeitig ergriffenen Elemente übrig, welche diese verschiedenen zeitlichen Verhältnisse erklären, wenn man nicht eben einfach annehmen will, dass jede einzelne Muskelzelle für sich sowohl schnell oder langsam, als auch schwach oder stark sich zusammenziehen kann und dann alle auf einmal in gleicher Art ihre Thätigkeit beginnen, was nicht allzu viel Wahrscheinlichkeit für sich haben dürfte. Viel wahrscheinlicher ist es, wie gesagt, dass solch eine sogenannte „Zuckungscurve" eines glatten Muskels nicht mit einer Zuckungscurve eines quergestreiften Muskels verglichen werden kann. In dieser steckt nur ein einziger, allerdings sich ausbreitender Reizanstoss, in jener aber sicherlich mehrere. Diese letzteren haben, nebenbei bemerkt, häufig eine auffallende Aehnlichkeit mit den von Tigerstedt[1]) gezeichneten Zuckungen eines quergestreiften Muskels bei Reizung desselben mit Schliessung constanter Ströme, vielleicht auch dieselben Ursachen, und erinnern, wie gesagt, an summirte Zuckungen[2]). Es ist aber nicht leicht, an dem kleinen Object, über das ich verfügte, diese Fragen, denen eine grundsätzliche Bedeutung zukommt, zur Entscheidung zu bringen. Weitere Untersuchungen dürften hierüber bald Klarheit bringen.

Ich darf ferner nicht unerwähnt lassen, weil namentlich weder Morgen noch Schultz etwas Derartiges gesehen zu haben scheinen, dass ich nicht selten in Folge elektrischer Reizung auch Verlängerung, also Erschlaffung des Muskelringes feststellen

1) Archiv f. (Anatomie u.) Physiologie. Supplementband S. 111 (207). 1885.
2) Vgl. Biedermann, Elektrophysiologie Bd. I S. 99 und 101.

konnte. Bei Anwendung mittelstarker tetanisirender Inductionsströme (gewöhnlicher Inductionsapparat, ein Daniell, 5—6 cm Rollenabstand) ging der Zeiger oft erst mehrere Millimeter (3—6) herab, um sich dann um so kraftvoller zu erheben. Auch constante Ströme hatten mitunter ähnliche Erfolge. So konnte ich bei einigen Präparaten ausserordentlich oft hinter einander beobachten, dass z. B. absteigende Ströme (4 Daniell, 200 Siemens Nebenschluss) bei Schliessung eine geringe Verkürzung, bei Oeffnung dagegen eine deutliche Verlängerung, aufsteigende dagegen gerade den umgekehrten Erfolg hatten.

Es ist wiederum, auch wenn man natürlich an kathodische Zusammenziehungen und an anodische Erschlaffungen denkt, bei der Kleinheit des Organes nicht leicht, die Ursachen dieser Erscheinungen festzustellen. Am wahrscheinlichsten wird eben immer die verschiedene Wirkung der beiden Elektroden sein, die in ihren Grösse- und Lageverhältnissen ja nie vollkommen gleich sein dürften.

Was die Dauer des Abstieges bei obigen Versuchen anlangt, so ist darüber nicht viel zu sagen; er ist mit geringen, noch später zu beschreibenden Ausnahmen, stets länger als der Aufstieg und mag unter gewöhnlichen Verhältnissen 30—60 Secunden betragen.

Bekannt ist die verhältnissmässig geringe Wirkung einzelner Inductionsströme auf glatte Muskeln. Wenn man bei den quergestreiften gerade diese Ströme als die gewöhnlichen Reize annimmt und man unter einer Muskelcurve, als verstünde sich dieses ganz von selbst, eine durch einen Inductionsschlag erzeugte Zusammenziehung dieses Muskels betrachtet, so würde man bei dem glatten Muskel durch Reizung mit eben diesen Strömen zu ziemlich verkehrten und nicht zutreffenden Anschauungen gelangen.

Die „Zuckungscurve“ eines glatten Muskels, in Folge eines Oeffnungsinductionsschlages, ist sicher keine normale. Ich lasse hier einige Typen in Fig. 7 folgen, die bei Rollenabständen von 4 cm (1 Leclanché) mit einem mässig erregbaren Präparat gezeichnet wurden. Das Stadium der Latenz, sowie der Anstieg bieten nichts Bemerkenswerthes, wohl aber die ausserordentlich lange Dauer des Abstieges, der sich hier stets über mehrere Minuten (3—4 Minuten und länger) erstreckt. Offenbar wird durch den starken und schnellen Stoss des Inductionsschlages der Muskel zwar gereizt, aber doch

auch zugleich geschädigt, so dass er wie ein ermüdeter quergestreifter Muskel in eine gewisse andauernde Starre oder Steifigkeit geräth, die seine Wiederverlängerung hintanhält.

Ganz unwirksam erwiesen sich mir Schliessungsinductionsschläge bei den gewöhnlich angewendeten Stromstärken. Weiter als bis zur Anwendung von 1 Grove und der Uebereinanderschiebung der Rollen bin ich allerdings nicht gegangen.

Ungemein wirksam sind dagegen die Ströme der Stöhrer'schen Maschine. Es war eine Einrichtung getroffen, dass man einen etwa 1/4 Secunde dauernden Strom[1]) durch Vorbeischiessen der Spulen an dem Magneten abfangen und zur Reizung verwenden konnte. Die so erhaltenen Curven (Fig. 8, a, b und c) hatten nun

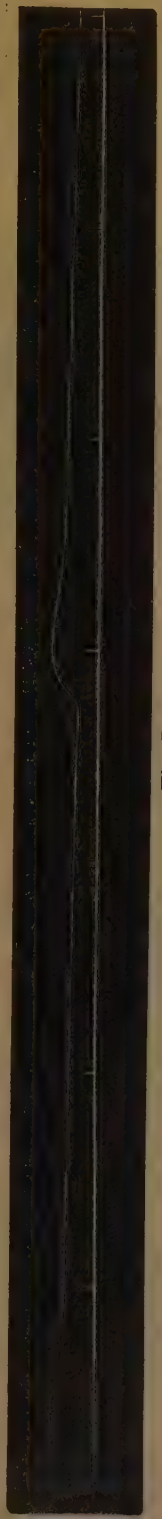

Fig. 7.

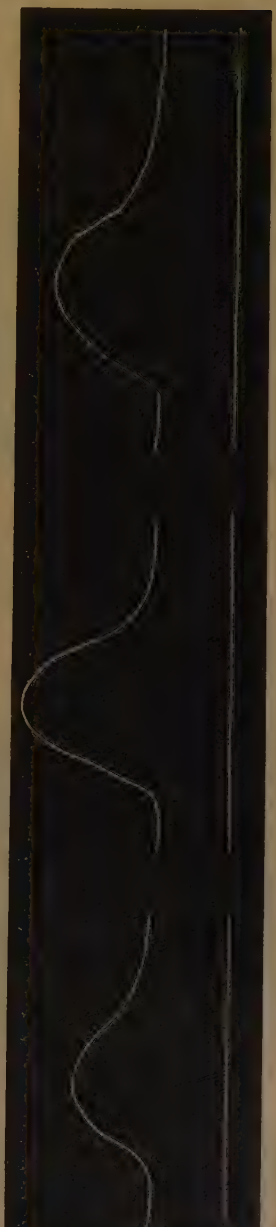

Fig. 8 a, b, c.

1) Vgl. Grützner, Ueber die Reizwirkungen der Stöhrer'schen Maschine u. s. w. Pflüger's Archiv Bd. 61 S. 256, 1887, und die Selbstaufzeichnung elektr. Ströme u. s. w. von demselben. Elektro-chemische Zeitschrift 4. Jahrg. S. 97. 1897.

verhältnissmässig sehr kurz dauernde Abstiege. Der An- und Abstieg war bei ihnen nahezu gleich lang. Sie waren somit wesentlich verschieden von den Contractionscurven, welche andere, namentlich Oeffnungsinductionsströme lieferten.

Zum Schluss seien nun noch die Erfolge tetanisirender Inductionsströme, also der gewöhnlichen Wechselströme eines

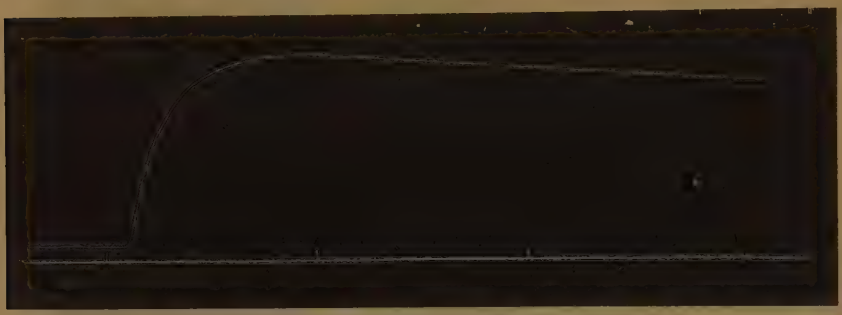

Fig. 9 a. Tetanisirende Reizung eine Secunde.

Inductionsapparates mit schwingendem Hammer erwähnt. Schickt man diese in bedeutender Stärke (1 Daniell oder Leclanché, Rollenabstand 5—7 cm) etwa eine Secunde lang durch den Muskelring, so zieht er sich in der Regel sehr schnell und sehr bedeutend zusammen, wie aus beifolgenden Versuchsbeispielen hervorgeht. (Siehe Fig. 9, a und b, Fig. 10, a, b und c, von denen 9 a durch einen gewöhnlichen Schlittenapparat, 9 b dagegen durch schwache Wechselströme einer Stöhrer'schen Maschine zu Stande kamen. Die Reizdauer betrug in beiden Fällen eine Secunde. Ueber Fig. 10 a, b und c, die durch einen Schlittenapparat erzeugt worden sind, siehe weiter unten.) Auch das Stadium der Latenz ist ausserordentlich kurz und beträgt 1—1,5 Secunden und weniger. Der Abstieg der Curven pflegt sich über mehrere Minuten hin auszudehnen; ja sehr oft bleibt der Muskel andauernd verkürzt.

Fig. 9 b. Tetanisirende Reizung eine Secunde.

Die Gestalt dieser Curve weicht, wie man sieht, ziemlich

bedeutend von einer gewöhnlichen, nur durch einen einmaligen, möglichst milden Reiz erzeugten ab (siehe Fig. 8), und es liegt nahe, anzunehmen, dass alle diejenigen Curven, welche sich dieser Tetanuscurve nähern, d. h. kurze Anstiege und lange Abstiege haben, auch durch eine Folge von Reizen erzeugt worden sind, also auch Tetanuscurven darstellen. Dies gilt sicher auch von der oben erwähnten Sertoli'schen Normalcurve, die ja auch durch tetanische Reizung zu Stande gekommen ist.

Herr Prof. Grützner ist demnach der Ansicht, dass die Zusammenziehungscurve des glatten Muskels aller Wahrscheinlichkeit nach den Curven der Fig. 1, b bezw. Fig. 8 gleicht, und dass alle diejenigen Curven, in denen der Abstieg so ausserordentlich viel länger dauert als der Anstieg, wie z. B. in Fig. 2, entweder Tetanuscurven sind, d. h. durch eine Reihe von Reizanstössen erzeugt worden sind oder wie wohl bei den Curven, die durch einen einzigen Inductionsstrom des gewöhnlichen Schlittenapparates zu Stande kommen, auf einer Schädigung des Muskels, auf einer gewissen Erstarrung desselben beruhen. Die oben erwähnten Reizstösse können dabei eben sowohl dem Muskel unmittelbar zugeführt werden, wie es bei der Tetanisirung geschieht, als auch in ihm so zu sagen spontan ausgelöst werden. Und so wie kein Mensch eine Reihe rhythmisch auf einander folgender Zuckungen eines quergestreiften Muskels als eine Zuckung auffassen wird, so darf man dieses auch nicht thun bei einem glatten Muskel, der in viel höherem Maasse als der quergestreifte durch einen einzigen Anstoss in eine lange Reihe aufeinanderfolgender Erregungen versetzt werden kann, einer Saite

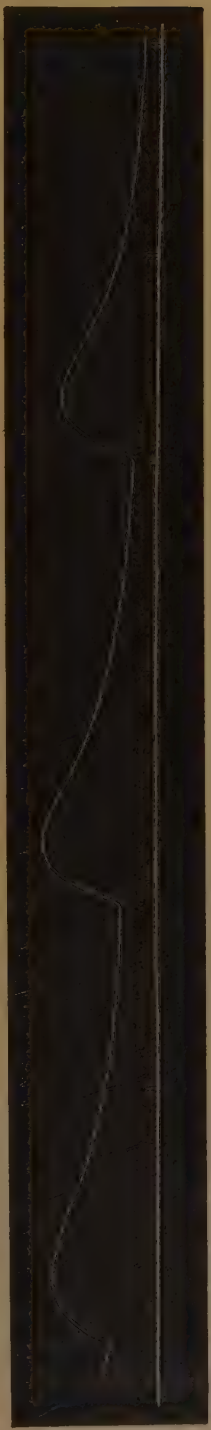

Fig. 10 a, b_2 und c.

vergleichbar, die in Folge eines einzigen Anstosses noch lange nachschwingt[1]).

Diese Erregungen können nun offenbar sowohl an Stärke, wie an Zahl Verschiedenheiten aufweisen. Sind sie verhältnissmässig stark und selten, so haben wir eine Reihe von Pulsationen (s. Fig. 1 b und Fig. 6) bei dem glatten, oder von einzelnen Zuckungen bei dem quergestreiften Muskel (s. Biedermann, Elektrophysiologie Bd. 1 S. 168) vor uns. Erfolgen sie aber häufiger hintereinander, so bleibt der Muskel dauernd zusammengezogen, wir haben einen Tetanus oder, wie es wohl häufiger genannt wird, eine Dauercontraction vor uns.

Denn wie sollte nach Allem, was wir wissen, eine Dauercontraction anders zu Stande kommen, als durch eine Reihe von Anstössen, die wir zwar nicht alle von aussen in den Muskel hineingebracht, wohl aber durch einen einzigen Anstoss ausgelöst haben? Wenn in Folge eines einzigen Reizanstosses, der einen motorischen Nerven trifft, der zugehörige Muskel in eine Dauercontraction oder einen Tetanus geräth, wie dies bei Schliessungs- oder Oeffnungstetanus der Fall ist, so zweifelt wohl Niemand daran, dass von dem in einem besonderen Zustande der Erregbarkeit befindlichen Nerven eine ganze Reihe von Anstössen ausgehen. Sollte es beim Muskel anders sein? Das ist von vornherein nicht wahrscheinlich, und alle oben mitgetheilten Thatsachen sprechen dafür, dass es hier ebenso ist.

Wenn man nun an einem quergestreiften Muskel eine Zuckung von einer Dauercontraction sehr leicht unterscheiden kann, so kann man dies nach unserer Meinung noch lange nicht an einem glatten Muskel[2]). Möglicher Weise sind eben alle jene sogenannten Zuckungscurven glatter Muskeln, die einen langen Abstieg haben, wie schon erwähnt, tetanische oder Dauercontractionen, also nach unserer Auffassung durch eine Reihe von „inneren" Anstössen erzeugt[3]).

---

1) Dieses Nachzittern in Folge eines einzigen Anstosses kann übrigens beim quergestreiften Muskel durch Nervenwirkung beseitigt werden, worüber ich nächstens Mittheilung machen werde. Grützner.

2) Auch Fick stellt in seiner obengenannten Arbeit (S. 36) sinnreiche Betrachtungen und Versuche darüber an, worin der wesentliche Unterschied zwischen einer durch einen elektrischen Strom erzeugten Zuckung eines quergestreiften Muskels und einer darauffolgenden Dauercontraction besteht. Für das Zustandekommen der ersteren ist nach ihm das Nervensystem nöthig. Ich will mich auf diese Frage hier nicht näher einlassen, die in neuerer Zeit auch von anderer Seite beleuchtet worden ist. (S. Biedermann, Elektrophysiologie Bd. 1 S. 166.)

3) Hiernach würde es sich vielleicht empfehlen, das Wort „Zuckung" auch

Ist dies aber der Fall, so ist es wohl noch verfrüht, mit den glatten Muskeln des Magens allgemeine Fragen über ihre Spannung und Verkürzung bei einer sogenannten „Zuckung" lösen zu wollen. Zu welchen Ergebnissen käme man wohl bei einem quergestreiften Muskel, der durch ein und denselben Reiz je nach dem Grade seiner Erregbarkeit bald in Zuckung, bald in Tetanus geriethe, und bei dem man jene beiden Zustände nicht mit Sicherheit von einander unterscheiden könnte?

Wir kennen also noch nicht mit Sicherheit die „Zuckungscurve" des glatten Muskels. Aller Wahrscheinlichkeit ist sie der des quergestreiften Muskels ziemlich ähnlich und ihr Abstieg dauert ungefähr eben so lange, wie ihr Anstieg (s. Fig. 1 b und 8).

Die Sache wird aber noch verwickelter, wenn wir uns daran erinnern, dass nach den interessanten und aufklärenden Untersuchungen Biedermann's[1]) und seiner Schüler bei elektrischer Durchströmung eines Muskels diejenige Stelle desselben, welche von der Kathode berührt wird, sich andauernd zusammenzieht, während die von der Anode berührte erschlafft (wenn wie gewöhnlich bei glatten Muskeln Tonus vorhanden ist), ihre Umgebung dagegen in starke andauernde Zusammenziehung geräth, und wenigstens beim quergestreiften Muskel diesen örtlichen Dauerzusammenziehungen eine über den ganzen Muskel sich ausbreitende schnelle Zuckung vorausgehen kann. Wenn nun alle diese Vorgänge oder wenigstens ein Theil derselben sich auch bei elektrischer Reizung des Magenringes in diesem abspielt und, wie leicht begreiflich, jeder in verschiedener Stärke, so versteht man, wie schwer es ist, eine typische Zuckungscurve eines glatten Muskels zu zeichnen und wie verschieden dieselben ausfallen müssen, etwa vergleichbar denjenigen, welche man unter gleichen Bedingungen von einem quergestreiften Muskel erhält. Wollte man nun aber, wie bei diesem Muskel, einen

---

für den glatten Muskel beizubehalten, obwohl man mit Sicherheit noch keine Zuckungscurve desselben kennt und natürlich von einer Zuckung, d. h. einer schnellen Zusammenziehung bei einem glatten Muskel ja keine Rede ist. Wenn aber wirklich die Curven in Fig. 1 b und 8 a, b u. c den Zuckungscurven eines quergestreiften Muskels entsprechen, die andern dagegen Schliessungsdauercontractionen sind, so müssen wir für diese beiden verschiedenen Vorgänge auch verschiedene Namen haben. Grützner.

1) Pflüger's Archiv Bd. 45 S. 369, 1889; Bd. 46 S. 367 u. S. 398, 1890 u. Bd. 47 S. 243, 1890.

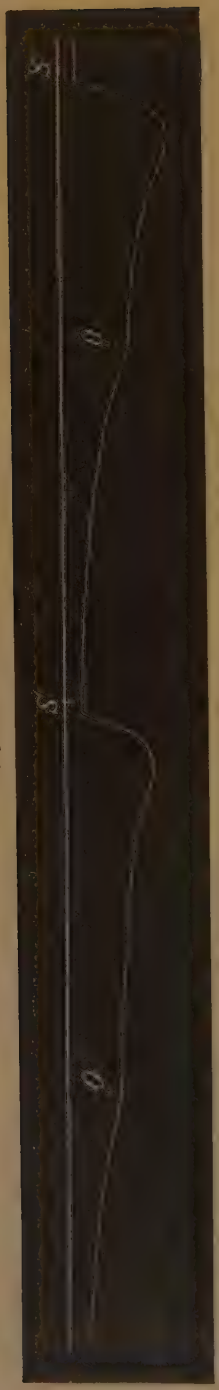

Fig. 11a und b.

Inductionsschlag zur Erzeugung einer „Zuckungscurve“ benutzen, so würde eben der glatte Muskel so geschädigt, dass an eine normale Zusammenziehung erst recht nicht zu denken ist.

Ich komme schliesslich noch zu der Wirkung tetanisirender Inductionsströme, welche man längere Zeit durch den Muskel schickt. Verwendet man z. B. einen gewöhnlichen Inductionsapparat mit einem Leclanché bei 5—7 cm Rollenabstand, dessen Wechselströme man beziehungsweise 1, 10 und 20 Secunden durch den Ring schiebt, so erhält man Curven, welche in Fig. 10 a, b u. c (S. 383) wiedergegeben sind und die, abgesehen von Ermüdungseinflüssen wie in Fig. 10c, um so steiler ansteigen, je länger der Reiz dauerte.

Wird nun aber die tetanisirende Reizung verlängert, so pflegt (was aber auch schon bei ganz kurz dauernder Reizung stattfinden kann, s. Fig. 9a u. b) ein Tetanus einzutreten. Der Muskel bleibt dauernd, wie die Fig. 11a u. b zeigen, ziemlich lange verkürzt. Er lässt zwar allmälig in dieser Verkürzung nach, viel schneller jedoch, wenn der Reiz (wie bei *Ö*) ganz aufhört. Oft sieht man hier noch mehr oder weniger deutlich eine Art Oeffnungserregung (s. Fig. 11b), die vielfach nach den Wechselströmen der Stöhrer'schen Maschine besonders auffällig war. Allerdings mussten dieselben, wie auch diejenigen des Schlittenapparates über eine Minute durch den Muskel geschickt werden. Es ist dies um so merkwürdiger, als es sich hier nicht, wie bei ähnlichen Versuchen von Fick, um schnell auf einander folgende gleichgerichtete, sondern

um Wechselströme handelte, von denen der eine allerdings nach den Untersuchungen von Grützner stärker polarisirend wirkt, als der andere[1]).

Nicht ohne Interesse ist endlich das Stadium der Latenz bei Reizung mit elektrischen Strömen. Da es sich um ziemlich grosse Zeiten handelte, wurden die Versuche in folgender Weise angestellt. Der Zeichenhebel lag an der stillstehenden Walze. In einem bestimmten Augenblick wurde der Strom geschlossen und dann der Beginn der Hebung — wenn nöthig mit einer Lupe — beobachtet und angezeigt. Es lässt sich auf diese einfache Art sehr genau — jedenfalls vollkommen genau genug für unsere Zwecke — das Stadium der Latenz bestimmen. Auch wurde in gleicher Art die Dauer des An- und Abstieges notirt und bei der Oeffnung des Stromes in gleicher Weise verfahren wie bei der Schliessung.

Die Ergebnisse einer grossen Anzahl derartiger Versuche sind kurz folgende. Das Stadium der Latenz schwankte zwischen 2 bis 10 Secunden, nur sehr selten wurden diese Grenzen nach oben und nach unten überschritten. Dabei ergab sich fast durchweg, dass zu den grösseren Latenzen die kleineren Zusammenziehungen und zu den kleineren Latenzen die grösseren Zusammenziehungen gehörten, womit natürlich nicht gesagt ist, dass den gleichen Latenzen auch immer die gleichen Zusammenziehungen entsprechen. Diese Angabe deckt sich also zum Theil mit derjenigen von Ranvier, dass stärkere Ströme, welche ja in der Regel auch stärkere Zusammenziehungen zur Folge haben, die kürzeren Latenzen aufweisen.

Es mag ein Versuch als Beispiel angeführt sein.

Versuch, den 4. December.

Weiblicher Grasfrosch, getödtet 2 Uhr 40 Min.; Ring aus der Gegend des Pylorus mit Schleimhaut zeigt lange Zeit spontane Contractionen. Verwendet werden 4 kleine Daniell mit dem nöthigen Nebenschluss und gewöhnliche Platinelektroden. Die Reizung dauert immer eine Minute lang, zwischendurch meistens eine oder mehrere Minuten Pause.

Nach 10 Reizungen ergaben sich folgende Latenzen:

---

1) Siehe Anmerkung S. 381.

Versuchs-tnummer	Zeit (Stde.)	Stromrichtung	Stromstärke 4 Daniell Nebenschluss in Siemens-Einheiten	Reizdauer in Secunden	Latenzdauer in Secunden	Hubhöhe am Hebel in mm	Bemerkungen
11	3,20	S.	100	60	8	0,5	
		O.	—	—	3	1,8	
12	3,22	S.	50	60	9	0,5	
		O.	—	—	4	2,25	
13	3,25	S.	—	60	10	0,3	3 Uhr 30 Min. Magenring mit NaCl 0,6 % bepinselt.
		O.	—	—	8	0,6	
14	3,31	S.	50	60	3	4,0	
		O.	—	—	13	Eben merklich.	
15	3,32	S.	—	60	5	0,5	
		O.	—	—	4	0,9	
16	3,35	S.	100	60	7	1,3	
		O.	—	—	4,5	1,4	
17	3,37	S.	100	60	2	5,0	
		O.	—	—	7	1,2	
18	3,39	S.	50	60	5	0,75	
		O.	—	—	5	0,5	
19	3,42	S.	100	60	3	4,2	
		O.	—	—	4	1,3	
20	3,45	S.	150	60	2	4,2	
		O.	—	—	3	1,2	
21	3,47	S.	200	60	1,5	4,3	
		O.	—	—	4	4	
22	3,49	S.	100	60	5	0,8	
		O.	—	—	3	2,6	
23	3,54	S.	100	60	1,75	3	
		O.	—	—	8,5	1,2	
24	3,55	S.	100	60	2	3	
		O.	—	—	4	1	
25	3,57	S.	50	60	5	0,6	
		O.	—	—	6	0,6	
26	4,00	S.	100	60	4	2,2	
		O.	—	—	5	0,9	
27	4,02	S.	200	60	2,5	4,2	
		O.	—	—	3	2	
28	4,04	S.	50	60	10	Eben merklich.	
		O.	—	—	5	0,4	
29	4,06	S.	100	60	7	1,2	
		O.	—	—	6	1,1	
30	4,08	S.	200	60	3	2,3	
		O.	—	—	2,5	2,3	
31	4,11	S.	100	60	4	0,7	
		O.	—	—	3	1,1	
32	4,15	S.	50	60	6,5	0,9	
		O.	—	—	13	0,2	
33	4,17	S.	200	60	2	2,5	
		O.	—	—	2	2,6	

Aus diesen Versuchen, die ich noch beliebig vermehren könnte, geht also hervor, dass unter sonst gleichen Bedingungen den langen Latenzen die kleinen Hubhöhen entsprechen und umgekehrt. Durchaus dieselben Gesetzlichkeiten walten auch ob an dem von seiner Schleimhaut befreiten Ring, wofür folgender Versuch zum Beispiel diene.

Versuch, den 30. December.

Grosser männlicher Grasfrosch, getödtet um 11 Uhr. Magen mit bräunlichen, schleimigen Massen gefüllt, ziemlich schlaff. Ring nahe der Pylorusgegend entnommen. 11 Uhr 20 Min. im Myographion aufgehängt, unpolarisirbare Elektroden. Vielfach spontane Zusammenziehungen, welche namentlich im Anfang die Beobachtung erschweren. Sehr erregbares Präparat, das nach 46 oft nur ein Paar Secunden lang dauernden, aber stets wirksamen Reizungen mit zum Theil sehr schwachen Strömen (2 Daniell 5—10 S. E. um Nebenschluss) folgendes Verhalten zeigt (siehe die Tabelle auf S. 390).

Dieser Versuch ist in mancher Beziehung lehrreich. Zunächst zeigt er, was die Latenzdauer anlangt, das oben ausgesprochene Gesetz und ergibt ausserdem in merkwürdiger Weise die viel stärkere Wirkung des aufsteigenden Stromes, eine Thatsache, die ich ausserordentlich häufig beobachtet habe, und die wohl an der verschiedenen Wirkung der beiden Elektroden liegt, welche man, namentlich für ein so kleines Object, nie vollkommen gleich machen kann. Im vorliegenden Fall ist also immer die obere Elektrode die wirksamere gewesen. Nur ausnahmsweise sah ich das umgekehrte Verhalten an anderen Präparaten.

Die längere Latenz bei Reizung mit absteigenden Strömen dürfte ausserdem wohl durch eine gleichzeitig erfolgende anodische Erschlaffung bedingt sein, die bei mässigen Reizströmen das nur sehr allmälige Ansteigen (s. Fig. 5), beziehungsweise die lange Latenz und bei schwachen Strömen (s. Nr. 77 und 79) geradezu eine Dehnung des Muskels und eine Senkung des Zeichenhebels zur Folge hat; denn der Magenring ist selten ohne jeglichen Tonus.

Wie ausserordentlich stark tetanisirende Inductionsströme des gewöhnlichen Schlittenapparates wirken, zeigt Nr. 82, von dem eine Curve gezeichnet wurde (s. Fig. 9a). Sie steigt jäh und hoch (26 mm) empor.

Aber der Muskel ist ein für allemal geschädigt, wie die folgenden Versuche, Nr. 83—85, erweisen. Er verharrt in einer gewissen Starre und antwortet selbst starken, eben noch wirksamen Reizen schwach oder gar nicht mehr.

Versuchs-nummer	Zeit (Stde.)	Stromrichtung (Schliessung)	Stromstärke 2 Daniell Neben-schluss in Siemens-Einheiten	Reiz-dauer in Se-cunden	Latenzdauer in Secunden	Hubhöhe am Hebel in mm	Bemerkungen
47	2,20	↓	20	30	6,5	1,2	
48	2,23	↑	—	—	4,5	5,0	
49	2,25	↓	—	—	6	1,8	
50	2,28	↑	—	—	4,5	5	
51	2,30	↓	15	—	5,5	1,7	
52	2,32	↑	—	—	4,5	5	
53	2,34	↓	—	—	7	1,5	
54	2,36	↑	—	—	fast 4	5	
55	2,40	↓	10	—	8	1	
56	2,41	↑	—	—	4	2,9	
57	2,43	↓	—	—	9	0,9	
58	2,46	↑	—	32	3,5	5	Spontane Bewegungen; stieg ein wenig gerade bei der Schliessung.
59	2,49	↓	20	30	5	2	
60	2,51	↑	—	—	4	7	
61	2,58	↓	—	—	6	1,3	
62	3,00	↑	—	—	5	5,6	Schwache spontane Zusammenziehung.
63	3,02	↓	30	—	7,5	1,5	
64	3,05	↑	—	—	4	6,5	Nach der Reizung spont. Zusammenziehung.
65	3,08	↓	—	—	5	1,7	
66	3,11	↑	—	—	3	6,1	Darauf spont. Zusammenziehung über 5 mm.
67	3,17	↓	60	—	?	3,0	Geringe spont. Bewegung.
68	—	↑	—	—	3,5	9,6	
69	—	↓	—	—	5,5	2	Geringe spont. Bewegung.
70	—	↑	—	—	3,5	9	
71	—	↓	—	—	4—5	2	Spontane Bewegung.
72	3,33	↑	100	—	4	10,4	
73	—	↓	—	—	5,6	2	Spontane Bewegung.
74	—	↑	—	—	3,5	9,5	
75	—	↓	—	—	5	2	Spontane Bewegung.
76	3,42	↑	10	—	7	3,5	
77	—	↓	—	—	—	—	Nach 16 Secunden eine
78	—	↑	—	—	7,5	5	Spur von Verlängerung.
79	—	↓	—	—	—	—	Senkung nach 9 Secunden.
82	3,56	Tetanisirende Inductionsströme, Rollenabstand 5 cm, 1 Leclanché.		1	0,9	26	Der Hebel sinkt ausserordentlich langsam (s. Fig. 9 a).
83	4,5	—	—	—	3	18	Muskel am Anf. der Reiz. noch nicht erschlafft.
84	4,10	—	—	—	3	10,5	Ebenso.
85	4,15	—	—	—	5	2	Ebenso.

Am allerkürzesten werden die Latenzen, wenn man den Muskel tetanisirt; dann gehen sie unter Umständen bis unter eine Secunde herab; gewöhnlich betragen sie 1—1,5 Secunden. Ein einzelner Inductionsschlag gab im Mittel 3 Secunden Latenz.

Es mag hier auf die durchaus ähnlichen Verhältnisse hingewiesen werden, welche nach den eingehenden Untersuchungen von Tigerstedt[1]) für den quergestreiften Muskel bestehen. „Wenn der nicht curarisirte Muskel durch verschieden starke Oeffnungsinductionsschläge gereizt wird, so nimmt bei abnehmender Zuckungshöhe die Latenzdauer stetig zu.“ Dasselbe gilt auch bei directer Reizung des curarisirten Muskels und, wie Bernstein kürzlich fand, auch des einzelnen Muskelementes.

Tigerstedt zeigte ferner, dass die Latenz grösser ausfällt bei Reizung mit constanten Strömen (Schliessung), als bei solcher mit Inductionsströmen. Ganz Aehnliches gilt auch für den glatten Muskel, wenigstens, wenn man kurz dauernde tetanische Reize mit gleich lange (oder länger) dauernden constanten Strömen vergleicht.

Woher rührt nun diese ausserordentliche Verschiedenheit in den Latenzen? Zunächst wohl von der Ausbreitung und Fortpflanzung der Erregung. Denn nehmen wir z. B. an, 10 hinter einander gelegene glatte Muskelzellen wären im Stande, eine gerade sichtbare Zusammenziehung des ganzen Muskelringes zu Stande zu bringen, wenn sie sich ad maximum contrahirt hätten, so ist es klar, dass dann das Stadium der Latenz nahezu um das der steigenden Energie vermehrt, also ausserordentlich verlängert wird. Zögen sich 20 hinter einander gelegene Muskelzellen in gleicher Art zusammen, so würde das Stadium der Latenz etwa nur um die Hälfte desjenigen der steigenden Energie vermehrt, also viel kürzer als im ersten Fall werden. Und so fort. Ein je grösseres Stück des Muskels also auf einmal (oder innerhalb kürzerer Zeit in seinen einzelnen Elementen hinter einander) in Erregung geräth, in um so kürzerer Zeit muss sich die Zusammenziehung für uns bemerklich machen[2]).

Nun hat bereits Engelmann beobachtet, dass der durch elektrische Reizung am Ureter unter den Elektroden erzeugte Wulst

---

1) Archiv für (Anatomie und) Physiologie S. 111, 1885, Supplementband. Hierselbst findet sich auch die Literatur der Frage ausführlich zusammengestellt.

2) Aehnliche Betrachtungen sind — mutatis mutandis — auch schon von anderer Seite (vgl. Gad, Arch. f. Physiol. S. 250, 1897 und Tigerstedt, l. c. S. 255) gemacht worden.

um so grösser ist, d. h. um so mehr einzelne Elemente zugleich erfasst, je stärker der Reiz ist[1]). Es liegt also nahe, anzunehmen, dass mit der Stärke des Reizes auch in unserem Präparat die Zahl der gleichzeitig ergriffenen Elemente zunimmt, wodurch die Steilheit des Anstieges vermehrt und damit zugleich die Latenz verkürzt wird. Aus eben diesem Grunde haben auch vielfach die steil ansteigenden (tetanischen) Curven die allerkürzesten Latenzen.

Wenn aber ausserdem, was höchst wahrscheinlich ist, die Kraft der Zusammenziehung in dem einzelnen Element des glatten Muskels im Anfang ganz allmälig zunimmt und erst später schneller anwächst, wie dies kürzlich durch eine sinnreiche Methode Bernstein[2]) für das Element des quergestreiften Muskels gezeigt hat, so würde, auch wenn man den Vorgang der Zusammenziehung auf gleich viel Elemente (oder das einzelne Element) beschränkt und den stärkeren Reizen natürlich die stärkeren und steileren Zusammenziehungen zuschreibt, obiger Satz auch für das einzelne Muskelelement gelten und auch bei seinen Contractionen allein den stärkeren Reizen die kürzeren Latenzen entsprechen.

Dass schliesslich das Stadium der Latenz, sowie der ganze Verlauf der Zusammenziehung in hohem Maasse von der Temperatur abhängig ist, und alle Vorgänge mit steigender Wärme verkürzt werden, darüber habe ich nur gelegentliche Erfahrungen gemacht, aber keine besonderen Versuche angestellt. Genauere Angaben hierüber finden sich bei Schultz.

4) Die mechanische Reizung.

Der Magenring ist, wie Aehnliches auch Schultz erwähnt, ungemein leicht durch mechanische Anstösse zu erregen. Die Curven 12 und 13 sind hierfür Beispiele. In Fig. 12 wurde dreimal, bei a, b und c, ein leichter Schlag auf den Zeichenhebel gethan und dadurch der Muskel schnell gedehnt. Hierauf zog er sich je nach der Stärke des Schlages mehr oder weniger zusammen, so wie die Curven es zeigen. (In der mittleren Curve ist die scharfe Zacke selbstverständlich etwas Nebensächliches und durch einen zufälligen Anstoss an den Zeichenhebel erzeugt.)

1) Auch wenn es sich in unseren Versuchen um die Biedermann'schen anodischen Schliessungserregungen handelte (s. S. 385), was noch nicht festgestellt ist, so würde in dem Wesen der Sache Nichts geändert.

2) Pflüger's Archiv Bd. 67 S. 207. 1897.

Fig. 13 zeigt eine Reihe spontaner Pulsationen, die durch einen einzigen, ziemlich starken Schlag bei b (ein schwächerer bei a hatte ähnliche Wirkungen) erzeugt worden sind.

Hieraus folgt, dass durch einen einzigen mechanischen Anstoss eine Reihe von Erregungen ausgelöst werden können, und auch die „Schlagcurven" in Fig. 12 nicht einfachen Zuckungscurven zu entsprechen brauchen, sondern sehr wohl mehreren inneren Reizanstössen ihre Entstehung verdanken können.

Fig. 12. Schlagcurven.

Fig. 13. Schlagcurven.

5) Die Einwirkung einiger chemisch verwandter Stoffe auf den Muskelring.

Nachdem ich mich so über das Verhalten der Magenmuskulatur gegenüber elektrischen und mechanischen Reizen unterrichtet hatte, ging ich nun daran, zu untersuchen, wie verschiedene chemisch verwandte Stoffe auf die Erregbarkeit der glatten Muskulatur einwirkten.

Selbstverständlich musste man, um die Wirkungen dieser Stoffe mit einander vergleichen zu können[1]), gleiche chemische Mengen, also äquimolecurale Lösungen anwenden, wie dies Grützner[2]) für sensible und motorische Nerven und Blumenthal[3]) kürzlich für den quergestreiften Muskel gethan hat.

Hier wie dort wurden die betreffenden Organe in zweckmässiger Weise mit den entsprechenden Flüssigkeiten zusammengebracht, eine etwaige Reizwirkung derselben festgestellt und nach verschieden langer Wirkungsdauer des chemischen Agens die elektrische Erregbarkeit des Präparates mit constanten Strömen festgestellt.

Vorher sei kurz auf die ähnlichen Untersuchungen von Morgen und Schultz hingewiesen, die sich aber weniger auf die Veränderung der Erregbarkeit, als vielmehr auf die Erregung der Muskeln selbst beziehen[4]). Das Chloroform verursachte bei schleimhautfreien Muskeln (nach Morgen) eine langsam ansteigende Zusammenziehung, die dauernd auf gleicher Höhe blieb und in vollkommene Starre überging. Der Muskel wird dann (wie auch der quergestreifte) trübe, weisslich verfärbt und vollkommen unerregbar.

Befindet sich das Muskelstück in tonischer Verkürzung, so hat nach Schultz das Chloroform in erster Linie eine erschlaffende Wirkung. Der Muskel dehnt sich zunächst, indem das Chloroform auf die in Erregung befindlichen nervösen Elemente beruhigend einwirken soll.

Aether ist viel unschuldiger, als Chloroform, wirkt aber nach Morgen und Schultz unter gleichzeitiger Beruhigung der nervösen Elemente nur erschlaffend, gar nicht erregend oder zusammenziehend. Der Muskel behält sehr lange seine elektrische Erregbarkeit.

Ammoniak erregte den Muskel, welcher sich verkürzte. Sehr bald aber trat unter starker Verkürzung des Muskels sein Tod ein.

Alle diese Stoffe wurden in Gasform angewendet, was eine genaue Graduirung ihrer Wirkung ziemlich bedeutend erschwert. Aber auch flüssige Substanzen wurden von Morgen und Schultz verwendet, indem ersterer, was wohl die bessere Methode ist, die

1) Siehe Grützner, Deutsche med. Wochenschrift Nr. 52. 1893.
2) Pflüger's Archiv Bd. 53 S. 83, 1892 und Bd. 58 S. 69, 1894.
3) Ebenda Bd. 62 S. 513, 1896.
4) Siehe auch die S. 365 erwähnte Arbeit von Pellacani.

Muskeln in grössere Mengen von Flüssigkeiten versenkte, letzterer sie nur mit befeuchtetem Pinsel oder Glastab bestrich.

Säuren wirkten zunächst in schwächeren Verdünnungen (0,5—20 %) nicht erregend, in stärkeren Lösungen dagegen erlosch die Erregbarkeit sehr bald, und der Muskel starb in mässig erschlafftem Zustande ab, während z. B. der quergestreifte Muskel (Sartorius) durch 0,5 % Salzsäurelösung in Tetanus oder Starre übergeht.

Alkalien dagegen (z. B. Natronlauge von 1—5 %) bringen den Muskel zu starker Zusammenziehung. Der Muskel quillt glasig auf und dehnt sich dann bedeutend aus. Hierbei stirbt er ab.

Kochsalzlösungen von 2,5—5 % wirken mässig erregend. Der Ring stirbt in contrahirtem Zustande ab.

Bei meinen Versuchen verwendete ich den mittleren Abschnitt des Magens ohne Schleimhaut. Derselbe hing in den Platinhaken und wurde, nachdem seine elektrische Erregbarkeit festgestellt und ein paar Curven gezeichnet worden waren, mit einem breiten Streifen Watte umhüllt, welche mit der zu prüfenden Flüssigkeit vollkommen durchtränkt war. In dieser Umhüllung blieb er in der Regel 5 Minuten. Dann wurde der Wattestreifen entfernt, die Flüssigkeit mit Fliesspapier abgetupft und mit der elektrischen Reizung begonnen. Gewöhnlich blieb der Strom eine Minute geschlossen. Die aufgenommenen Curven liessen etwaige Veränderungen der Erregbarkeit — Steigerung oder Abnahme derselben — leicht erkennen. Hierauf wurde in der gleichen Weise fortgefahren, wieder die Watte aufgelegt, wieder gereizt und der Verlauf der Erscheinungen verzeichnet.

I. Die Wirkung der Haloidsalze des Natriums.

Zur Verwendung kamen $^1/_{10}$ und $^1/_{20}$ Normallösungen von Fluor-, Chlor-, Brom- und Jodnatrium. Anstatt die zahlreichen, einzelnen Curven wiederzugeben, will ich in ähnlicher Weise, wie es in der Arbeit von Blumenthal geschehen ist, die Aenderung der Erregbarkeit in einem einzigen (etwas schematisirten) Curvenzug darstellen[1]). Die Abcisse bezeichnet, wie üblich, die Zeit; die erste Ordinate über 0 die Höhe oder mittleren Höhen der Schliessungs- beziehungsweise Oeffnungerregung vor der Einwirkung des betreffen-

1) Da die Aenderungen der Erregbarkeit beim glatten und quergestreiften Muskel in oft ganz ähnlicher Art sich vollzogen, kann ich vielfach auf die Blumenthal'schen Curven verweisen.

den chemischen Stoffes, die späteren Ordinaten die Höhen der Zusammenziehung nach derselben.

Fluornatrium erwies sich, ähnlich wie bei anderen irritabeln Substanzen als starkes Gift. Eine anfängliche Steigerung der Erregbarkeit, wie sie z. B. an quergestreiften Muskeln und an Nerven in Erscheinung tritt, habe ich nicht beobachtet. Vielleicht ist sie mir entgangen. Vielfach zeigte sich schon nach etwa 10 Minuten langer Einwirkung, also bei der zweiten elektrischen Reizung, der Muskel völlig unerregbar. Die Gegend der Kathode und Anode sahen hin und wieder (bei Anwendung stärkerer gleichgerichteter Ströme) ganz verschieden aus. Erstere war weisslich trübe und nahm etwa die (untere) Hälfte des Ringes ein, die Anodengegend dagegen war mattweiss und halb durchsichtig [1]).

Chlornatrium in 1/10 Normallösung, sowie die gewöhnliche, nahezu ebenso starke „physiologische Kochsalzlösung“ ist keineswegs indifferent, sondern es gilt hier für den glatten Muskel nahezu dasselbe, was für den quergestreiften von Locke[2]) und Blumenthal gefunden worden ist. Diese Flüssigkeit erhöht die Erregbarkeit nicht unbedeutend. Sowohl Schliessungs- wie Oeffnungserregungen nehmen anfänglich an Grösse zu. Erst nach 20—30 Minuten sinkt die Erregbarkeit.

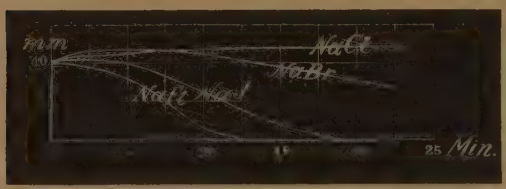

Fig. 14.

Bromnatrium ist dem Chlornatrium in seiner Wirkung einigermaassen ähnlich, erregt aber nur kurze Zeit und schädigt mässig schnell. Die Zusammenziehungen nehmen allmälig an Höhe ab.

Jodnatrium wirkt noch viel energischer. Die Abnahme der Erregbarkeit tritt innerhalb sehr kurzer Zeit ein, ähnlich wie bei dem Fluornatrium; doch konnte man nicht selten eine kurz dauernde anfängliche Steigerung beobachten. Bei länger dauernder Anwendung stärkerer Ströme schied sich an der Anode Jod aus in Form eines röthlich braunen Streifens. (Siehe Fig. 14, welche die Aenderungen der Erregbarkeit für die vier genannten Stoffe darstellt.)

1) Es standen mir damals, als ich diese chemischen Versuche anstellte, die oben erwähnten unpolarisirbaren Elektroden noch nicht zu Gebote.

2) Pflüger's Archiv Bd. 54 S. 501. 1893.

2. Die Wirkung von Kalium-, Rubidium- und Caesiumsalzen.

Sowie die Kalisalze den quergestreiften Muskel und den Nerven erheblich schädigen und sie in kurzer Zeit völlig unerregbar machen, so gilt das Gleiche für den glatten Muskel. Namentlich nehmen sowohl Schliessungs- als Oeffnungserregungen schon nach einigen Minuten bei Anwendung von $^1/_{20}$ Normallösungen von Chlorkalium schnell und bedeutend an Grösse ab und verschwinden bald ganz, wie die nebenstehenden Curvenzüge (s. Fig. 15 *KCl*) zeigen.

Nicht so stark schädigt das Chlorrubidium. Bei den späteren Reizversuchen schien die Muskulatur in eine Art von Starre überzugehen. Die Schliessungs- und Oeffnungscontractionen blieben längere Zeit auf gleicher Höhe und erst ganz allmälig trat starke Dehnung ein, welche in völlige Unerregbarkeit überging.

Chlorcäsium ist nicht so giftig, wie seine beiden nahen Verwandten, sondern es erhöht sogar anfänglich die Erregbarkeit ganz bedeutend. Die Höhen namentlich der Oeffnungserregungen nehmen nicht unbeträchtlich zu. Nach einigen Minuten tritt eine Abnahme ein, wie dies aus dem Curvenzug *CsCl* der Fig. 15 zu ersehen ist.

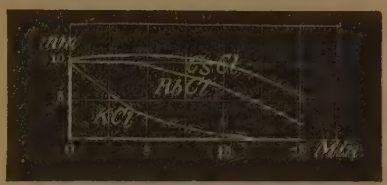

Fig. 15.

Während also bei den Haloidsalzen des Natriums, abgesehen von dem ja auch chemisch abseitsstehenden Fluornatrium, die Giftigkeit mit der Grösse des Molecüls vom Chlor zum Jod zunimmt, ist hier das Salz mit dem hohen Moleculargewicht verhältnissmässig am unschädlichsten. Ganz dasselbe konnte Blumenthal für den quergestreiften Muskel feststellen, so dass also hier eine vollkommene Aehnlichkeit besteht.

3. Die Wirkung der Salze der Erdalkalimetalle.

Sowie von dem Kalium-, Rubidium- und Cäsiumsalze, das mit dem höchsten Atomgewicht am wenigsten schädigte, sondern anfänglich sogar erregend wirkte, so gilt Aehnliches vom Chlorcalcium, Chlorstrontium und Chlorbaryum. Die Unterschiede sind nicht so bedeutend, es schädigen alle drei in $^1/_{20}$ Normallösungen, aber das Chlorbaryum zeigt doch nicht selten im Anfang eine geringe Steigerung der Erregbarkeit, wenigstens für die Oeffnungserregungen. Dieselben hielten bei Chlorstrontium und Chlorbaryum

oft merkwürdig lange an, während die Schliessungserregungen nach kurzer Zeit verschwunden waren.

4. Die Wirkung einiger Säuren und Basen.

Ich erwähne schliesslich noch die Wirkung einiger Säuren und Basen. In wie weit dieselben unmittelbar erregend wirken, d. h. den Muskel unter Zusammenziehung zum Absterben bringen, darüber haben Morgen und Schultz die nöthigen Mittheilungen gemacht. Mich interessirten weniger diese unmittelbar erregenden Wirkungen stärkerer Lösungen (Laugen), als die die Erregbarkeit verändernden viel schwächerer Lösungen.

Ich fand, dass sowohl Natron- wie namentlich Kalilauge in sehr starken Verdünnungen ($^1/_{160}$ normal in physiologischer Kochsalzlösung) binnen kürzester Zeit den Muskel abtödten. Eine kurz darauffolgende elektrische Reizung ist nahezu unwirksam. Die Schliessungserregungen, die allerdings auch schon vorher unbedeutend waren, verschwanden sofort; die anfangs starken Oeffnungserregungen hielten sich, wenn auch ausserordentlich abgeschwächt, noch einige Zeit.

Von Säuren untersuchte ich nur Essig- und Salzsäure in $^1/_{100}$ Normallösungen. Erstere wirkt anfänglich ein wenig erhöhend, erst später schädigend, letztere stark schädigend und bald tödtend, wie ganz Aehnliches von Blumenthal auch für den quergestreiften Muskel festgestellt wurde.

Soweit hiernach meine Beobachtungen reichen, findet zwischen den Einwirkungen gleicher chemischer Stoffe auf quergestreifte und glatte Muskeln eine ausserordentliche Aehnlichkeit statt. Die Erregbarkeit für nachfolgende elektrische Reize wird bei beiden Organen in ziemlich gleicher Weise beeinflusst, während, was hier nur nebenbei erwähnt sein mag, die unmittelbare Einwirkung stärkerer chemischer Agentien nach den Untersuchungen von Morgen bei glatten und quergestreiften Muskeln grosse Verschiedenheiten darbietet.

Es bleibt mir zum Schluss nur noch übrig, Herrn Professor Grützner, unter dessen Anleitung ich die obigen Untersuchungen anstellte, für seine vielfachen Bemühungen bei der Ausführung der Versuche, wie bei der Abfassung obiger Arbeit meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen.

Lebenslauf.

Ich, Johannes Winkler, bin am 31. Mai 1872 zu Zedlitz, Kreis Ohlau, in Schlesien geboren. Meine Schulbildung erhielt ich auf dem Gymnasium zu Ohlau, an welchem ich Herbst 1892 die Maturitäts-Prüfung bestand. Darauf wandte ich mich dem Studium der Medizin zu und zwar studierte ich zunächst im W.S. 1892/93 und S.S. 1893 an der Universität Breslau. Im W.S. 1893/94 bezog ich die Universität Tübingen, woselbst ich bis zu Ende des S.S. 1895 verblieb. In Tübingen legte ich zu Beginn des W.S. 1894/95 das Tentamen physicum ab. Im W.S. 1895/96 suchte ich wiederum die Universität Breslau auf und setzte hier meine Studien bis zum W.S. 1896/97 fort, um im S.S. 1897 wieder nach der Universität Tübingen überzusiedeln, woselbst ich, durch Krankheit verzögert, im Dezember 1901 die ärztliche Staatsprüfung bestand.